

“Doing the Lesson” or “Doing Science”: Argument in High School Genetics

M. PILAR JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, ANXELA BUGALLO RODRÍGUEZ

Dept. Didáctica das Ciências, Universidade de Santiago de Compostela, Spain

RICHARD A. DUSCHL

King's College, London, U.K.

“Fazendo a Lição” ou “Fazendo Ciência”: Argumentação em aula de Genética no ensino médio (High School)

Resumo: Este artigo concentra-se na capacidade dos estudantes desenvolverem e avaliarem argumentos durante uma seqüência educativa de genética, no ensino médio. A pesquisa concentrou-se na localização distinta entre “fazendo ciência” contra “fazendo escola” ou “fazendo a lição”, dentro do discurso argumentativo, (Bloome, Puro, e Theodorou, 1989). Participaram deste estudo de caso em sala de aula, estudantes do ensino médio (9º grau), na Galícia (Espanha). Os estudantes foram observados, gravados em áudio e vídeo, enquanto trabalhavam em grupos em sala, durante seis sessões. O modelo argumentativo de Toulmin foi usado como instrumento para análise da argumentação dos estudantes, e outras estruturas foram utilizadas para analisar outras dimensões de seus diálogos; (p.ex., operações epistemológicas, uso de analogias, apelo à consistência, e relações causais). Os exemplos “de fazendo ciência” e exemplos “de fazendo a lição” são identificados e discutidos como momentos, quando o discurso na sala de aula é dominado também pela linguagem científica ou revela os papéis dos estudantes. Os diferentes argumentos construídos e co-construídos pelos estudantes, os elementos dos argumentos, e a seqüência, também são discutidos, mostrando uma dominância de reivindicações e uma freqüência menor de justificativas ou garantias. As implicações para o desenvolvimento de contextos eficazes para promover argumentação e diálogo científico em sala de aula, também são discutidos.

ARGUMENTO E DISCURSO DE SALA DE AULA: CONTEXTO E OBJETIVOS DO ESTUDO

A conceitualização de aprendizagem em ciência como argumento, foi proposta por Driver e Newton (in press), Kuhn (1993), e Duschl (1990), bem como outros. Tal visão de aprendizagem de ciências tem objetivos mais abrangentes do que somente a compreensão de conteúdos científicos. A teoria da argumentação abarca esquemas analíticos, dialéticos, e retóricos para a avaliação e comunicação das afirmativas do conhecimento (van Eemeren et al., 1996). Assim, uma ênfase pedagógica na argumentação é compatível com objetivos da educação em geral, que procuram equipar estudantes com capacidades para raciocinar sobre problemas e questões, sejam eles práticos, pragmáticos, morais, e/ou teóricos. Siegel (1995, p. 163) escreve “educação e argumentação estão unidos... pela sua mútua preocupação com a racionalidade e as dimensões normativas da razão e do raciocínio.”

A argumentação é especialmente relevante na educação em ciências, desde que seu objetivo de investigação científica seja a geração e a justificativa das afirmativas do conhecimento, crenças, e tomadas de ações que levem ao entendimento da natureza. O compromisso com a teoria, métodos, e objetivos são o resultado de avaliações críticas e debates entre comunidades científicas. A argumentação e a teoria da argumentação são estratégias para

resolver problemas, questões, e discussões. As decisões associadas com a criação de compromissos e resoluções são guiadas “pela bondade, pelo status normativo ou epistemologia enérgica, das razões do candidato para crenças, julgamentos e ações” (Siegel, 1995, p. 162). Além da aprendizagem sobre o que sabemos de ciência, os programas de educação científica também precisam desenvolver a capacidade dos aprendizes de entender como viemos a saber, e por que acreditamos no que sabemos. Um objetivo de um programa em educação científica embasado no ensino a partir da orientação para investigação científica, segundo o Connelly e Finegold (1977), deve ser a capacidade do aluno de avaliar o grau de dúvida legítima, e sua associação com uma afirmação de conhecimento. Tal capacidade é dependente da interpretação de decisões sobre as crenças, juízos, e ações de investigações feitas por cientistas ou estudantes de ciência. Driver, a Leach, Millar, e Scott (1996) acentuam a mesma idéia quando escrevem: “se [a ciência escolar] deve contribuir efetivamente para melhorar a compreensão pública de ciência, [ela] deve desenvolver a compreensão de estudantes do próprio empreendimento científico... tal compreensão, argumentada, é necessária para que os estudantes desenvolvam uma apreciação, tanto do poder como da limitação do conhecimento científico” (p. 1).

A argumentação, como um elemento estrutural da linguagem científica, é um elo essencial tanto na realização da ciência como na comunicação das afirmações científicas. Como tal, a necessidade de argumentação precisou ser cuidadosamente estudada por nós, de forma ordenada, para um melhor entendimento de como promover a apropriação de gêneros relativos à linguagem pelos estudantes, para que sustentem seu “fazendo ciência” e “falando ciência” (Applebee, 1996; Lemke, 1990). Temos particular interesse na natureza da argumentação que ocorre dentro de grupos de discussão, tanto durante, quanto imediatamente após investigações práticas no laboratório. Procuramos precisamente entender como o desenho mútuo do currículo, instrução, e avaliação podem alavancar todo o discurso da classe, grupo, e indivíduo para refletir os esquemas de argumentação científica desta ou daquela maneira.

Outro modo de estruturar o objetivo de nossa pesquisa é o questionamento de como mover o discurso na sala de aula para além do que Bloome, Puro, e Theodorou (1989) chamam de *exposição processual de atividades*. As salas de aula são conjuntos complexos, onde um grande número de interações dinâmicas pode realizar-se. Como Lemke (1990) mostrou na sua descrição “de diálogo triádico,” há uma grande quantidade de trocas de argumentação em salas de aula, que parecem ser conduzidas para conservar uma estrutura social de relações entre professor/estudante. Bloome et al. vêem interações na sala de aula como ações sociais, um jogo no qual eles classificam a *exposição processual* e a definem como (a) “a exposição de professor para aluno, e vice-versa, em um conjunto de procedimentos acadêmicos interativos, que eles mesmos contam como a realização de uma lição”, e (b) “a ratificação da lição não está necessariamente relacionada à aquisição do conteúdo acadêmico ou não-acadêmico desejado, ou habilidades, mas está relacionado ao conjunto de significações culturais e de valores, mantido pela comunidade educacional para educação em sala de aula” (Bloome et al., 1989, p. 272). Um exemplo de uma exposição processual em sala de aula de ciência seria exigir dos estudantes que concluíssem um gráfico a

cada investigação no laboratório, sem levar em consideração o propósito da investigação. As exposições processuais são hábitos sociais, o que significa que a vivência em salas de aula é ordenada, muitas vezes, sem questionamento e sem objetivo para os estudantes. Exposição processual é o que cada um faz em sala de aula quando está simplesmente passando entre as ações ou seja “fazendo escola”.

Assim, sentimos que um obstáculo à “falar em ciência” é o conjunto de ações e atividades ou exposições processuais que compõem as rotinas e o ritual “do fazendo escola.” Aplicando o conceito da exposição processual em salas de aula de ciência deve-se perguntar, se o que é feito nestas salas é (a) o cumprimento de expectativas do que estudantes e professores fazem enquanto estão na escola (p.ex., revisões de tarefa de casa, anotações das aulas, testes, e atividades completas de laboratório); ou (2) a promoção de um ambiente de aprendizagem que tanto desenvolve como facilita a construção, a representação, e a avaliação do conhecimento e dos métodos investigativos pelos estudantes. Os propósitos deste artigo são: a distinção entre “fazendo a lição” ou “fazendo escola” (exposição processual) contra “fazendo ciência” (diálogo científico ou argumentação)

Este estudo é parte de um projeto que se concentra na capacidade do estudante de desenvolver e avaliar argumentos, relacionando o desenho curricular de ciência e o ambiente de aprendizagem em escolas de ensino médio, nas quais a discussão sobre a escolha de teorias, evidências, e explicações desempenham o papel principal. Somos guiados por uma perspectiva filosófica (Giere, 1988) que considera escolhas entre teorias competitivas essenciais na construção do conhecimento científico; isto é, o raciocínio científico deve ser entendido não tanto como um processo de inferência, mas como uma criação de decisão, de escolha entre o teórico e afirmações evidenciais. Em poucas palavras, o raciocínio científico envolve a construção de argumentos para defender escolhas.

Neste projeto, o desenho das unidades e as atividades são centrados em torno da resolução de problemas, como condição para promover argumentação. Em salas de aulas espanholas comuns, há pouca ou nenhuma interação entre estudantes, e há poucas oportunidades para resolver problemas ou discutir questões científicas. Nós (Bugallo & Jimenez-Aleixandre, 1996), já exploramos anteriormente alguns modelos de argumento num contexto de genética sem intervenção, e os resultados mostram que as habilidades de argumentação dos estudantes são muito pobres. Assim, para explorar os meios pelos quais os estudantes de ensino médio desenvolvem argumentos, houve necessidade de criar contextos de aprendizagem onde estudantes foram solicitados a resolver problemas autênticos, comparar as soluções dadas por grupos diferentes, e justificar suas escolhas (Jimenez-Aleixandre, 1998). Enquanto este tipo de ambiente de aprendizagem é projetado para envolver estudantes em questionamentos, revisando o que eles sabem a luz de evidências, justificando suas respostas aos colegas, analisando e interpretando dados, e exigindo a consideração de explicações alternativas, nós na verdade, sabemos muito pouco sobre como a comunicação envolve o movimento da evidência para a explicação ou de premissas para procedimentos conclusivos e, o que é mais importante, suas etapas.

O propósito de nosso paper é informar nas dinâmicas conversacionais sob forma de padrões de argumentação e de operações epistemológicas, o que os estudantes empregam enquanto resolvem um problema na sala de aula de ciência. Uma meta da pesquisa é entender os modelos de discurso que os estudantes utilizam em discussões em grupos em termos da perspectiva "fazendo escola" vs. "fazendo ciência". Um entendimento destes padrões nos ajudará a informar o modelo baseado em sala de aula, de estratégias de avaliação e, subseqüentemente, o feedback do professor. Outra meta relacionada é desenvolver uma compreensão mais profunda de como projetar o currículo, a instrução, e modelos de avaliação para promover e facilitar aos estudantes o auto-monitoramento do raciocínio científico e participação significativa no "fazer ciência".

Este artigo tem quatro seções. A primeira seção é uma revisão teórica da argumentação e o desenvolvimento contemporâneo em educação científica, assim como, uma justificativa para usar o modelo de argumentação de Toulmin como um método para analisar os discursos dos estudantes. A isto se segue uma descrição da metodologia, colocação, e contexto do estudo. Os resultados presentes em cada seção são transcritos dos grupos de discussão acompanhados por anotações dos padrões de argumentação e operações epistemológicas, que vão sendo usados, ou, ao contrário, de exemplos de "fazendo a lição". O paper termina com uma discussão e implicações do estudo.

Raciocínio e Argumentação em Aprendizagem de Ciência.

A argumentação possui três formas geralmente reconhecidas: analítica, dialética, e retórica (van Eemeren et al., 1996). Os argumentos analíticos são fundamentados na teoria da lógica, processo de indução ou dedução de um jogo de premissas até uma conclusão, e inclui exemplos como dedução, implicações materiais, silogismo, e falácias. Os argumentos dialéticos ocorrem durante a discussão ou o debate, implicando em raciocínio com premissas que não são evidentemente verdadeiras; elas são partes do domínio lógico informal. Os argumentos retóricos são oratórios por natureza e são representados pelas técnicas discursivas empregadas para persuadir um público. Em contraste com as outras duas formas do argumento onde a consideração da evidência é superior, eles realçam o conhecimento e a persuasão.

A aplicação da lógica formal às ciências representa a pedra angular "do positivismo lógico." A plataforma foi que todas as afirmações científicas de observação e teoria fossem traduzíveis em afirmações analíticas às quais as regras formais da lógica pudessem ser aplicadas. O principal evento da aplicação de argumentação às ciências é possivelmente o Modelo de Explicação Dedutivo-Nomológica de Hempel-Opppenheimer, em que a forma de argumentação é usada como uma consideração para estabelecer a objetividade das explicações científicas. No entanto, tanto em estudos históricos, como em estudos de caso da investigação científica, mostram que as regras da lógica muitas vezes são abandonadas na indagação da informação científica. As teorias científicas são tipicamente sub-determinadas por evidências; isto é, os cientistas começam a operar com teorias como se fossem verdadeiras e

válidas, muito antes que toda a evidência necessária seja produzida adiante. Conseqüentemente, os estudos dos discursos "da ciência na criação" revelam que muitas estratégias de argumentação dialética são usadas em adição aos argumentos analíticos (Dunbar, 1995; Latour e Woolgar, 1979; Longino, 1994). Similarmente, a pesquisa em sociologia da ciência (Collins e Pinch, 1994) também demonstrou a importância de dispositivos retóricos em defender ou contrariar a aceitação pública de descobertas científicas.

O desenho de ambientes de aprendizagem para facilitar e promover argumentação é um problema complexo dado que o discurso da ciência pode e implicar essas três formas da argumentação em contextos diferentes. O papel central da argumentação no "fazendo ciência" é apoiado por psicólogos (Kuhn, 1993) e os filósofos da ciência (Siegel, 1995) bem como pesquisadores de educação em ciência, que estudam os modelos de discurso do raciocínio contextos científicos (Driver & Newton, in press; Kelly, Chen, & Crawford, 1998; Kelly & Crawford, 1997; Lemke, 1990). A argumentação é seguida por ser uma estratégia de raciocínio e, assim, também ser categorizado como domínio de raciocínio lógico informal e pensamento crítico.

Um contribuinte influente à nossa compreensão da argumentação é Stephen Toulmin. Toulmin (1958) procurou descrever a argumentação na prática e por meio dela desafiar a noção de validade. Ele fez uma distinção entre noções idealizadas de argumentos, como aqueles empregados em matemática, e a prática de argumentos em contextos lingüísticos. Por último ele sentiu ter laços próximos com a epistemologia. Conseqüentemente, encontramos no seu arranjo ou modelo para a argumentação (ver uma aplicação na Figura 1) a necessidade de um argumento para fazer apelações a justificativas, apoios, e qualificadores. Tais apelações, além dos dados, são dependentes do contexto. Para ele, a agenda deve ser "dedicada a estudar a estrutura da argumentação em várias disciplinas acadêmicas e ciências para descobrir as qualidades e defeitos dos vários tipos da argumentação que são característicos dos diferentes campos". Toulmin era comprometido com uma interpretação processual da forma de argumentação em oposto ao da idéia rígida, em que todos os argumentos têm a forma de "premissas para conclusões." Qualquer justificação de uma declaração ou conjunto de declarações é para Toulmin um argumento para apoiar uma determinada afirmação.

Examinando a forma de argumentos de diferentes campos (p. ex., lei, ciência, política, etc.), Toulmin foi capaz de discernir que alguns elementos dos argumentos são os mesmos, enquanto outros diferem com os campos. Os primeiros ele denomina como argumentos de características campo – invariáveis, e, os últimos, como argumentos de características campo-dependente. A força do modelo que ele propôs reside em sua capacidade de avaliar argumentos. Os dados, reivindicações, justificativas, apoios, refutadores, e qualificadores são características campo – invariáveis de argumentos. Que considera como uma justificativa, apoio, ou dados, no entanto, sendo características campo - dependentes. Assim, as apelações para justificar afirmações usadas para trabalhar explicações históricas não necessariamente seriam a mesma espécie de apelações usadas para apoiar afirmações de explicações causais ou probabilísticas estatísticas. A flexibilidade do modelo de Toulmin para funcionar em ambos os contextos, campo-dependente e campo-invariável é uma vantagem para entender os argumentos colocados pelos

estudantes em salas de aulas de ciência. Assim, os apelos para justificar crenças, justificações, ou ações podem derivar de qualquer um "fazendo ciência" ou "fazendo escola" contextos, tanto os contextos dependentes de campanha como invariáveis de campanha são uma vantagem para entender os argumentos postos por estudantes em salas de aula de ciência. Apelações para justificar crenças, justificações, ou ações podem derivar dos contextos "de fazendo ciência" ou "fazendo escola".

Olhar o raciocínio da perspectiva da psicologia cognitiva ajuda-nos a entender os contextos de raciocínio usados em sala de aula de ciência. Kuhn, Garcia-Milar, Zohar, e Andersen (1995), em seu estudo sobre estratégias da aquisição de conhecimento, examinaram o problema da coordenação de teorias e evidencia pelos aprendizes. Suas conclusões indicam que na aprendizagem, como acontece no desenvolvimento do conhecimento científico, crenças teóricas modelam a evidência, e as pessoas tiraram conclusões praticamente do início, com base no mínimo ou nenhum dado. Para Kuhn et al., um dos passos no desenvolvimento desta coordenação é a diferenciação da justificação baseada na teoria e na baseada na evidência.

O modelo filosófico de Giere (1988) e o modelo psicológico de Kuhn et. al (1995) compartilham um interesse sobre a interação de componentes diferentes quando indivíduos têm que resolver problemas e a razão sobre suas escolhas. Da perspectiva da educação científica, quando colocamos a capacidade de desenvolver um argumento como uma meta, isso significa um interesse não só nos estudantes resolvendo os problemas de ciência (nível cognitivo ou estratégico), mas também implica atenção aos critérios fornecidos que levam a uma ou outra solução. E também, o porquê de algumas soluções terem sido descartadas, como o processo de comparação foi compreendido, quais analogias ou metáforas levaram ao entendimento (nível epistemológico), assim como os estudantes controlam a própria aprendizagem (nível meta cognitivo). Em outras palavras, nós prestamos atenção a diferentes componentes ou níveis do processo cognitivo, tentando promover seu desenvolvimento e os avaliando.

Ohlsson (1992) fez uma distinção entre a compreensão do conteúdo de uma teoria e o entendimento de seu uso/aplicação; este último, segundo ele, é uma prática pobremente entendida entre estudantes de ciência. Pesquisas feitas por Carey and Smith (1993) and Driver et al. (1996), sustentam esta alegação. Ambos os grupos de pesquisadores encontraram evidências de que os estudantes mantêm suas crenças epistemológicas ingênuas, e que não distinguem apropriadamente entre teoria, hipótese, e evidência. Hodson (1992) advoga que o nosso currículo, instrução, e modelos de avaliação na educação de ciência têm necessidade de distinguir claramente entre e envolver estudantes na aprendizagem de ciência para aprender a fazer ciência, e aprender sobre ciência.

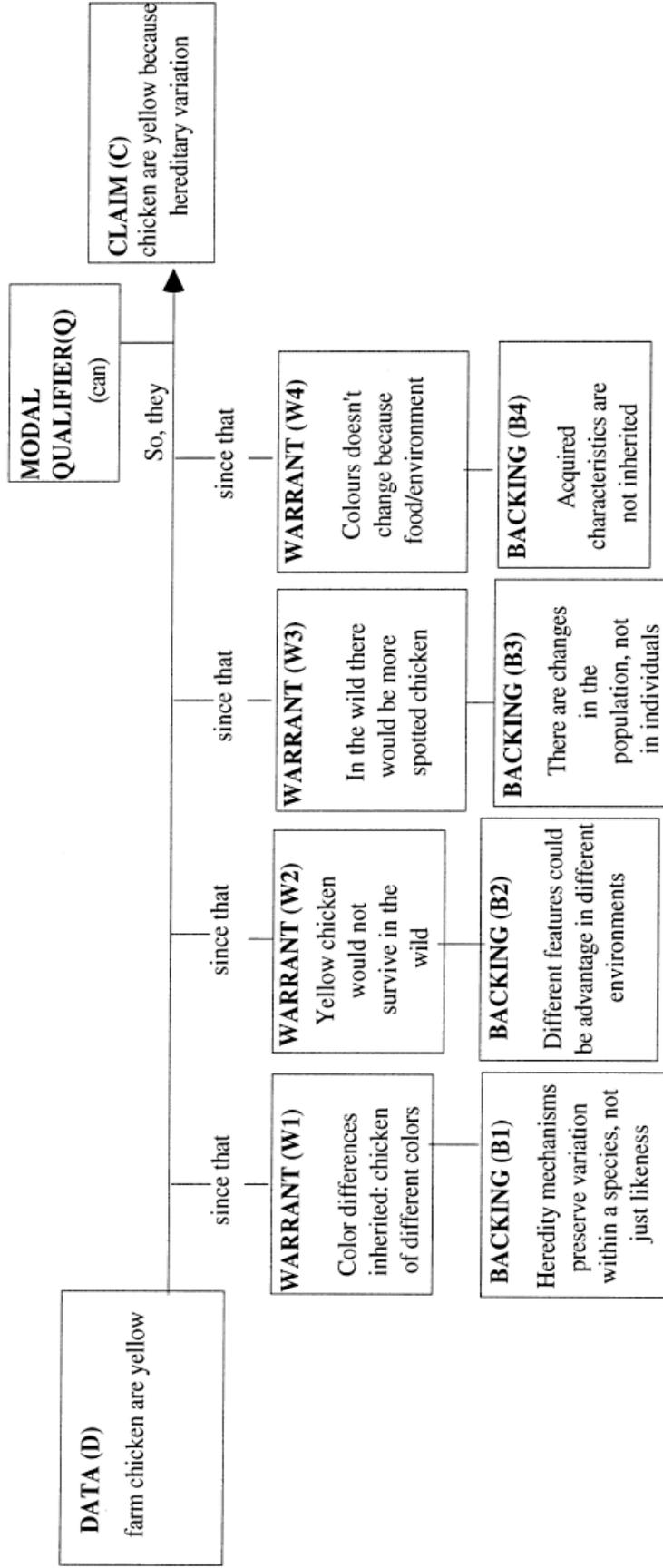


Figure 1. School science argument pattern.

Lemke (1990) coloca que um dos problemas principais em salas de aula de ciência é que muitas vezes a comunicação falha. Osborne e Freyberg (1985) relatam que estudantes e professores freqüentemente não compartilham o mesmo "propósito" para uma lição nem atividade. Às vezes professores e estudantes destinam (constroem) significados diferentes para o mesmo conceito; outras vezes a confusão permeia o que conta como evidência, o que conta como dado, ou o que conta como explicação. Esses fracassos na comunicação não podem ser ignorados, e um passo em direção a solução desses fracassos é começar a documentá-los e entendê-los.

Objetivos

Este estudo é parte de um projeto de desenvolvimento da capacidade de estudantes para que consigam desenvolver argumentos em diferentes contextos de ciência. Este artigo concentra-se em padrões de argumentação de estudantes de segundo grau resolvendo problemas de genética. As perguntas exploradas aqui são:

- A identificação de exemplos de "fazendo ciência" vs. exemplos de "fazendo escola" ou "fazendo a lição".
- Nos exemplos de "fazendo ciência," quais operações argumentativas (afirmações, justificativas, etc.) foram usadas pelos estudantes e quais relações foram estabelecidas entre eles.
- A identificação do uso de operações epistemológicas pelos estudantes (explicação, procedimentos, relações causais, e analogias); isto é, operações relacionadas à construção de conhecimento, específica do domínio de ciência.

CONTEXTO EDUCACIONAL, PARTICIPANTES, E METODOLOGIA

Os dados aqui apresentados foram delineados a partir de um grupo completo de estudantes de segundo grau (nível 9, 14 a 15 anos) que foram observados durante seis sessões de 1-h (duas semanas) dedicadas à genética, em maio e junho de 1996. Quando separaram os grupos, um pequeno grupo (quatro estudantes) foi gravado em áudio e vídeo sendo observados, sendo que a conversa do grupo completo também foi gravada e observada. A escola é pública de segundo grau, num povoado de tamanho médio próximo a Santiago. O professor é graduado em Biologia, com 5 anos de experiência. Durante este período (1995/1996), nenhuma intervenção foi tentada em relação à metodologia da instrução, e o professor conduziu as sessões como de hábito. Uma das metas era discutir os dados com ela como um estímulo para reflexão, levando assim a um desenho baseado na solução do problema. A única modificação introduzida pelos autores, em colaboração com o professor, foi o problema colocado para estudantes que se realizou durante as sessões 5 e 6, depois de quatro sessões, durante as quais o professor deu aulas sobre genética Mendeliana e os estudantes resolveram problemas em pequenos grupos.

A sala de aula pode ser descrita como um meio entre o foco do professor e o foco do estudante.

Claramente, a intenção do professor foi deslocar um pouco da responsabilidade da aprendizagem das mãos dos estudantes, mas freqüentemente faltaram habilidades para que fosse bem sucedida. Por exemplo, ela não permitiu tempo suficiente para que os estudantes respondessem nem discutissem hipóteses diferentes. Em vez disso, ela forneceu a própria resposta. Também, a maioria das perguntas que ela colocou aos estudantes tinha apenas uma resposta "correta".

Para descrever a instrução em termos de “falando ciência” (Lemke, 1990), uma distinção precisa ser feita entre as sessões 1, 2, 3, e 4, com um padrão triádico de diálogo, que Lemke caracteriza como seqüências de avaliação de *perguntas - do - professor* e *respostas - dos - alunos*; e as sessões 5 e 6, durante o qual os estudantes resolveram um problema em pequenos grupos e havia exemplos do que Lemke chama de verdadeiro diálogo de ciência do “falando ciências”. Lemke (1990, p. 168) cita como exemplos de falando ciência, situações quando os estudantes estão fazendo perguntas; informando individualmente ou em grupo, executando diálogos verdadeiros ou discussões cruzadas, trabalhando em pequenos grupos, e escrevendo depois de discussões orais. De todos desses exemplos, seguem aqueles que foram encontrados nesta sala de aula, durante as sessões 1 para 4.

Perguntas dos Estudantes

A maior parte das perguntas dos estudantes veio depois do desenvolvimento temático estabelecido pelo professor. Sem dúvida, há alguns exemplos do que parece ser perguntas dos próprios estudantes, e alguns deles foram ignorados por o professor. Na sessão 1, o professor desenhou rudimentarmente no quadro um óvulo e um espermatozóide do mesmo tamanho:

Estudante (apontando para o espermatozóide): Tão grande?

A entonação do estudante parece indicar que ele sabe que o espermatozóide é menor, insinuando que o desenho não está correto. O professor escolheu ignorar a pergunta e continuou explicando que em seres humanos, ambos têm 23 cromossomos cada.

Na sessão 2, fazendo um exercício do livro sobre albinismo, durante o qual o professor não mencionou mutações, a seguinte troca aconteceu:

Professor: E dois pais normais (pigmentados): eles podem ter crianças albinas?

Fran: Sim. Uma mutação. Se os seus antepassados tiveram algum gene que pode aparecer em outra geração.

Ele. . . Havia uma lei. . .

(O professor ignora a referência a mutação e prossegue desenvolvendo no quadro os resultados de um cruzamento entre pais híbridos, $Aa \times Aa$, e a possibilidade da progênie com um genótipo aa , e portanto albinismo.)

Brais: E se são normais e têm uma mutação: Eles não podem ser albinos?

Professor: Sim. (Ela não explica sua resposta)

Rita: E se são albinos: Eles não podem ter uma mutação e serem normais?

Professor: Sim.

(Ela não explica a sua resposta)

É preciso observar nessas duas perguntas últimas que o professor parece entender (a resposta) a pergunta como referente à pigmentação das crianças, ao passo que, como ela é feita parece que ele esteja perguntando sobre uma modificação na pigmentação dos pais, que não ocorreria.

Relatório Individual ou Relatório de Grupo

Só ocorre durante as sessões 5 e 6.

Diálogo Verdadeiro

Para Lemke (1990, p. 55), o diálogo verdadeiro ocorre quando os professores fazem perguntas que têm que têm um vasto leque de possíveis respostas, ou pedem a opinião do estudante ou experiências da vida real; em outras palavras, perguntas para as quais não há uma única "resposta correta." Isto só ocorre durante as sessões 5 e 6, como todos os exercícios e problemas durante as quatro primeiras sessões tiveram só uma resposta.

Discussão Cruzada

Lemke descreve a discussão cruzada como diálogo diretamente entre estudantes, com o professor desempenhando apenas o papel de moderador. Nós interpretamos o diálogo entre estudantes nas sessões 5 e 6 como discussão cruzada, ao passo que nas sessões de 1 a 4 há só alguns poucos exemplos de estudantes em troca um com outro. Na sessão 2, os estudantes até não ignoram a pergunta de um professor no início da discussão sobre albinismo:

Carlos: o gorila branco...

Rita: Eles têm que serem albinos (as crianças de pais de albino), porque eles são todos albinos.

Não pode ser de outra forma.

Professor: Como são os genótipos?

Charo: aa.

Professor: Que gametas eles produzirão?

Rita: Mas, é sempre assim?

Professor: Sempre, quando os dois pais são...

Quando Rita pergunta se é sempre assim, ela está se dirigindo à afirmação de Charo sobre os genótipos e ignorando a pergunta do professor sobre os gametas. O professor não espera pela resposta da estudante e inicia uma resposta, que deixa inacabada.

Trabalhando no Grupo Pequeno

Há exemplos do trabalho em pequeno grupo, não só nas sessões 5 e 6, mas também durante as sessões 1 e 3. Na sessão 1, a atividade não é um problema, ela é uma ilustração do cruzamento monohíbrido com modelos de cartolina e o objetivo é evidenciar o duplo jogo de cromossomos e a existência de características recessivas. Na sessão 3, os estudantes resolveram problemas Mendelianos normais em pequenos grupos seguidos por uma discussão com a classe inteira.

Escrevendo Ciência após a Discussão Oral

Não houve nenhum exemplo de “escrever ciência”. Em resumo, as conversas de sala de aula durante sessões 1, 2, 3, e 4 podem ser descritas como dominadas pelo diálogo triádico iniciado pelo professor e quase completamente sob seu controle. As perguntas feitas aos estudantes tinham só uma resposta e normalmente muito breve. Não obstante, houveram algumas tentativas do professor em usar uma estratégia de diálogo que podia ser interpretada como construção em conjunto, descrita por Lemke (1990, p. 104) como o desenvolvimento temático estreitamente compartilhado entre as contribuições do professor e do estudante, como nos seguintes exemplos da quarta sessão quando o professor discute Lamarckismo e Darwinismo:

Professor: os traços adquiridos...

Fran:... durante a vida...

Professor:... são herdados.

Professor:... desenvolvem-se por Seleção Natural. O que significa Seleção Natural?

Brais: o mais forte é aquele que sobrevive.

Professor: o mais forte?

Brais: Aqueles que são mais bem adaptados.

O primeiro é um resumo da explicação Lamarckiana compartilhada entre professor e estudante, enquanto o segundo é uma tentativa em explicar o significado de Seleção Natural. Embora interpretemos a conversação como diálogo triádico, é preciso observar que este determinado professor sempre evitava a avaliação explícita das respostas dos estudantes; ela nunca qualificou uma resposta como "certa" ou "errada", embora esta avaliação possa ser inferida de como ela se movia em seguida. Também, pode-se dizer que ela quase nunca dirigiu as perguntas ou

respostas dos estudantes como afirmações individuais, mas tentou manter o diálogo com o grupo. Como resultado, o clima na sala de aula foi de confiança e os estudantes realmente pareceram à vontade para colocar ou responder perguntas. Ela freqüentemente interrompia as suas aulas para fazer perguntas aos estudantes, investigando a sua compreensão, desafiando-os para que explicassem os conceitos com suas próprias palavras, e então os reformulando. A seqüência usada nas sessões era como se segue.

Sessão 1. O professor introduz conceitos genéticos básicos (gene, zigoto, cromossomo, etc.), fazendo perguntas aos estudantes continuamente. Ela discute experiências de Mendel e a primeira lei, é questionada pelos estudantes que têm dificuldades com proporções (frações), e tem de explicá-la novamente. Os estudantes trabalham em pequenos grupos com simulações simples de cruzamentos com modelos de cartolina. Aos estudantes é pedido que copiem as definições e respondam as perguntas de aplicadas.

Sessão 2. O professor define a mutação com exemplos de seres humanos (albinismo). Os estudantes resolvem, com toda a sala, quatro problemas qualitativos do seu livro texto (conjunto de problemas em contextos diários); por exemplo, “Qual é a probabilidade de que dois pais albinos tenham uma criança com a pigmentação normal?” Depois de cada problema eles mantiveram uma discussão com toda a classe.

Sessão 3. Eles terminam a discussão sobre a solução dos problemas da sessão 2. Então os estudantes, com toda a classe, respondem a perguntas e problemas relacionadas a seis traços facilmente observados em seres humanos (lóbulos da orelha, etc.) enfatizando a variedade dentro da espécie. Então eles se dividem em pequenos grupos e resolvem problemas normais (padrões) de genética Mendeliana.

Sessão 4. O professor dá aulas sobre modificação biológica e evolução, e a sua relação com a genética. Ela discute Criacionismo, Lamarckismo, e Darwinismo.

Sessão 5. Primeira parte do problema da galinha: os estudantes dividiram-se em pequenos grupos e lhes foi dada a primeira folha do folheto (ver o diálogo que segue). Eles o discutiram.

Sessão 6. Segunda parte do problema da galinha: foi dada aos estudantes a segunda folha do folheto com hipóteses diferentes (como descrito a seguir). Eles discutiram-na em pequenos grupos e logo com toda a classe.

Esta foi a primeira parte do problema dado aos grupos na quinta sessão:

Como você sabe, animais diferentes, como frangos, os porcos, ou as vacas, são criados em fazendas, para que possamos adquirir carne e ovos sem necessidade de matar animais selvagens.

Mas, desde que as galinhas são criadas nas fazendas, há um problema: muitas galinhas nascem com as penas amarelas ao invés do marrom manchado típico daquelas que são selvagens. Algumas pessoas não querem comprá-las, porque parecem estranhas, e isto faz com que as fazendas percam muito dinheiro.

Perto da nossa cidade uma nova Granja, “a Galinha Feliz,” estabeleceu-se há dois anos, com enormes edifícios onde eles criam frangos. Mas no ano passado, eles tiveram alguns problemas, porque muitos frangos nasceram com penas amarelas, ao invés de manchadas. A fazenda reuniu a equipe dos seus biólogos para resolver o problema.

A vocês pede-se aconselhar aos biólogos, estudando o que poderia ser a causa desta modificação nas cores dos frangos, mas sempre oferecendo razões que apoiem suas respostas. Se você der uma resposta e não puder justificá-la com argumentos, então esta resposta não será válida.

Você também pode sugerir quais testes executaria para demonstrar que você tem razão.

A situação é uma adaptação de um verdadeiro problema de marketing encontrado por viveiros de peixes que criam turbot: os peixes eram brancos ou muito pálidos ao invés de escuros, a sua cor natural, e as pessoas recusaram-se a comprá-los. As razões da modificação de cores ainda está sob discussão, alguns acreditam que é um efeito da seleção natural (os indivíduos pálidos não sobreviveriam no meio selvagem ao contrário de um tanque), os outros relacionam-no ao efeito da comida na pigmentação. Qual razão é correta, ainda não é claro.

Seguindo a estratégia de Eichinger et al. (1991), para resolver o problema, nós então decidimos acrescentar as hipóteses no segundo dia (sexta sessão). Essas hipóteses alternativas foram desenhadas de respostas verdadeiras de estudantes da mesma idade em um teste de lápis e papel de um estudo sobre aprendizagem de Seleção Natural (Jimenez-Aleixandre, 1992).

Esta é a segunda parte do folheto dado aos estudantes na sexta sessão:

Aqui estão algumas causas possíveis que outras pessoas sugeriram:

Causas possíveis	Razões a favor	Razões contra
Comida		
Variação hereditária		
Cor do ambiente (fazenda)		
Outro		

Vocês têm que discutir qual destas visões (ou uma diferente) são apropriadas, e o que as justifica.

Análise dos Dados

As fitas gravadas foram transcritas e as sentenças separadas em unidades da análise. As cópias são analisadas em três dimensões. Primeiro, procuramos identificar em cada unidade se os estudantes “faziam a lição” ou “faziam ciência.” Esta categoria de análise é relacionada às diferenças entre cultura científica, que Brown, Collins, and Duguid (1989) chamam de cultura de um domínio e cultura escolar, e às regras — tanto explícitas como implícitas — conjunto de tarefas de sala de aula. Sob a categoria de cultura escolar, codificamos as interações que podem ser vistas como “fazendo a lição” como exposição processual (Bloome, Puro, e Theodorou, 1989) ou “agindo como estudantes.” Sob a categoria de cultura da ciência, nós codificamos os exemplos de "falando ciência" ou "fazendo ciência". O propósito de identificar os exemplos das duas culturas contrastantes era explorar qual delas domina o diálogo.

Então, para os exemplos “de falando ciência,” duas análises foram executadas, uma relacionada com as operações argumentativas no discurso, e outra relacionada com as operações epistemológicas que podiam ser consideradas relevantes para o desenvolvimento do conhecimento científico. A análise da argumentação seguiu o modelo de Toulmin (1958). Os seus componentes, ilustrados na Figura 1, são: (1) dados, que neste caso são hipotéticos, e que foram colocados na afirmação do problema; (2) reivindicações, ou conclusões, aqui estão as diferentes hipóteses das causas da modificação de cores; (3) justificativas, razões que justificam a conexão entre dados e conclusão; e (4) justificativas relacionadas a um apoio teórico, de um caráter geral. Às vezes há também: (5) qualificadores, que especificam condições da reclamação; e (6) refutadores, que especificam condições para descartar a reivindicação (este último componente não está incluído na Figura 1).

Para a análise de operações argumentativas, um modelo referência 1 de argumentação de foi desenvolvido usando as idéias da instrução antes que os estudantes resolvessem o problema (ver a Figura 1). Várias justificativas e apoios foram introduzidos seguindo o modelo desenvolvido por Eichinger et al. (1991), para um problema do estado da água, como necessário pela complexidade do problema. As justificativas 1 (herança de diferentes colorações), 2 (vantagem conferida por um traço dado), e 3 (modificações em proporções na população) são partes da explicação dos peritos.

Para a análise epistemológica, um conjunto de operações epistemológicas relacionadas à ciência foi construído utilizando-se de várias fontes: operações epistemológicas em outros campos, como História (Pontecorvo e Girardet, 1993), filosofia da ciência, e conceitos ecológicos em sala de aula. A elaboração desta estrutura de análise e a entrada de diferentes fontes são discutidas detalhadamente em Jimenez-Aleixandre, Diaz, e Duschl (1998). A lista de operações epistemológicas aparece na tabela 1.

A análise das transcrições é apresentada em colunas, que começam com os pseudônimos e o número do turno, então as unidades transcritas e três colunas da análise: as operações argumentativas, as operações

epistemológicas, e a cultura científica contra a cultura escolar. Parte das transcrições corresponde à discussão entre um dos oito pequenos grupos dentro da classe, identificado como grupo A, outro à discussão da classe inteira.

Os pequenos grupos de estudantes são identificados por letras de “A” a “H”. Os quatro estudantes do grupo A, ao qual a primeira parte das transcrições corresponde, são identificados por pseudônimos respeitando seu gênero (todas eram meninas).

As abreviações usadas referem-se às categorias de análise, tanto quanto da cultura escolar, operações de argumentação, ou de operações epistemológicas, e são: predicat. (afirmação); c. task (tarefa de sala de aula); opposit. (oposição); consistenc. (coerência); e anthropoc. (antropocentrismo). Seguindo Pontecorvo e Girardet (1993), codificamos como "oposição" determinadas reivindicações que contradizem outra reivindicação prévia.

TABLE 1
Epistemic Operations

Induction		Looking for patterns, regularities
Deduction		Identifying particular instances of rules, laws
Causality		Relation cause–effect, looking for mechanisms, prediction
Definition		Stating the meaning of a concept
Classifying		Grouping objects, organisms according to criteria
Appeal to	—analogy —exemplar/instance —attribute —authority	Appealing to analogies, instances or attributes as a means of explanation
Consistency	—with other knowledge —with experience —commitment to consistency —metaphysical (status object)	Factors of consistency, particular (with experience) or general (need for similar explanations)
Plausibility		Predication or evaluation of own/others' knowledge

RESULTADOS: “FAZENDO A LIÇÃO” E “FAZENDO CIÊNCIA”.

Os resultados da análise são apresentados nesta seção, que começando com a identificação de exemplos de "fazendo a lição". Então, nos exemplos que nós codificamos como "fazendo ciência," as operações argumentativas e epistemológicas são discutidas. Alguns exemplos das transcrições são citados para ilustrar a análise e um excerto mais longo é reproduzido no apêndice 1.

Como discutido na seção dois, as três primeiras sessões foram dedicadas à introdução de conceitos genéticos básicos e a solução de problemas qualitativos sobre genética Mendeliana. Na sessão quatro, o professor deu aulas sobre a evolução, e na sessão cinco, os estudantes, distribuídos em pequenos grupos, começaram a

discutir o problema da galinha. Todas das transcrições reproduzidas correspondem à sessão seis, depois que deram aos estudantes a segunda parte do folheto.

“Fazendo a Lição”: Exposição Processual

Uma parte substancial da conversação dos estudantes é dedicada a clarificar, ou simplesmente falar em voz alta o conjunto de suas tarefas, como mostrado em linhas 14.1, 16, ou 34 a seguir. A questão aqui parece não ser a de explicar por que eles estão escolhendo a hipótese da comida, mas para cumprir a tarefa “de escrever por que”.

As direções dadas pelo professor ou o folheto são invocadas como justificção para modificar a explicação: como as direções são para escolher uma explicação, uma e apenas uma deve ser escolhida, mesmo que eles não tenham boas razões para decidir entre duas, como visto na linha 99. Tem que ser considerado que tanto em espanhol como em Galiciano, línguas usadas na sala de aula, a palavra (una ou unha) tem duas significações: o artigo “a” e o numeral “um”.

Um exemplo claro do que queremos dizer com "fazendo a lição" na estrutura da cultura escolar é fornecido por Isa nas linhas 115 e na seguinte. Depois de uma discussão com um número de trocas nas quais repete os mesmos argumentos (comida sim, comida não), a justificativa fornecida por Isa é de uma natureza diferente, estando relacionada não a dados ou a teorias científicas, mas à cultura escolar: se estivermos estudando a genética, então a resposta a esta pergunta tem de estar relacionada a genes, não a comida ou a outra coisa. Isto parece ter um efeito em Rita, que até agora tem trocado de um lado a outro a questão da comida, e agora (118) declara um apoio teórico para a hipótese de genes (apoiando).

Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Rita	14.1	And now we have to write why.			Classroom task
	14.2	Shall we write because of the food or Because of weather?			Classroom task
Isa	15	Food	Claim		
Bea	16	Do we have to write why here?			Classroom task
Rita	33	And now: what should we do?			Rules for task
Isa	34	You have to tick this box [hand-out]			Rules for task
Bea	35	Tick what?			Rules for task
Rita	36	Yeah, I was going to tick in the food . . .			Rules for task

Ainda, uma pessoa no grupo, Rosa, não é convencida e sugere uma nova hipótese: um corante colocado nas galinhas pelos fazendeiros (ver a linha 133 na seguinte seção). Esta hipótese e o argumento que segue serão discutidos depois, mas a questão relevante para a cultura escolar é que, embora Rosa não concorde com a hipótese de hereditariedade, ela não quer ter sua opinião escrita no relatório de grupo ou discutir em voz alta, portanto na linha 192 ela mostra o acordo com o relatório de grupo (variação hereditária). Mas, a sua discordância é expressa mais tarde, durante a discussão com toda a classe (linha 202), embora ela evite dizê-lo na frente de toda a classe e diga em voz baixa somente para ser ouvida pelos estudantes no seu grupo. Em outras palavras, há uma contradição entre o que ela aceita estar refletido no relatório de grupo ou disse em frente da classe e o que ela acredita como uma explicação. Os adolescentes têm uma necessidade de ser a parte de um grupo, serem aceitos por ele, e eles normalmente temem de ser tornarem intrusos, apoiando opiniões diferentes dos seus pares.

Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Rita	97.1	But, look, I believe that it is because of food.		Predicat.	
	97.2	The food makes them to have the spotted body. I think so	Claim	Causal	
Bea	98	Then: why did you say hereditary variation?	Request		
Rita	99	Because it says that there could be just one			Rules for task
Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Isa	115.1	But look, we are talking about genes	Data		Classroom task
	115.2	And then, probably, if we are talking about genes what is the use in talking about eggs, about food; let's talk about hereditary variation, about genes.	Claim		School culture
	115.3	I would write this in a test. I am not talking about eggs if we are studying Genetics	Warrant	School culture	
Rita	116	No	Predicat.		
Isa	117	I am not talking about eggs if we are studying Genetics.	Warrant		School culture
Rita	118.1	I see, you will write . . .			C. task
	118.2	Lamarck says that if it changes during life, it passes to the genes,	Backing	Deduction	Appeal to book
	118.3	and Darwin says that it cannot change, what happens in life it doesn't change to genes.	Backing	Deduction	

Em nossa opinião, o que pode ser interpretado destes exemplos são momentos no diálogo dos estudantes que são dominados pela cultura escolar; nestes momentos, estudantes parecem mais preocupados com o "fazendo escola" do que com "fazendo ciência". Não obstante, há também momentos quando eles estão falando ciência, como discutido a seguir.

Group/ Name	Line	Transcribed Talk, Whole Class	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
A/Bea	201	(to group A, inside talk) We all agree [in the hypothesis about heredity]		Predicat.	
A/Rosa	202	(to group A, inside talk) I do not agree [about heredity]		Predicat.	School culture

"Fazendo Ciência": A seqüência de Argumentos e Operações Epistemológicas

Interpretamos "fazendo ciência", quando estudantes avaliam afirmações de conhecimento, discutindo um com o outro, oferecendo justificações para as diferentes hipóteses, e tentando de apoiá-las com analogias e metáforas.

A primeira hipótese proposta pelo grupo para a mudança na coloração é a comida (Isa, linha 6.1) e a justificativa que ela oferece em 6.2 pode ser em nossa opinião, um exemplo de pensamento analógico, estabelecendo, uma correspondência entre alimentar natural—cor natural, alimento manipulado—cor modificada.

Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Isa	6.1	Food, yes	Claim	Causal	
	6.2	because before they ate natural things	Warrant	Analogy	

Então uma discussão segue e Isa (linha 32) propõe a variação hereditária, modificando a linha de argumentação. Perguntada pelos outros três estudantes para explicar a sua reivindicação, Isa oferece em primeiro lugar, uma tentativa de argumentação sobre a cor que é herdada, apelando primeiro para os dados em 60.1 (eles são diferentes em cores dos outros frangos selvagens), e logo a uma justificativa sobre a identidade em 60.2, que pode

ser interpretada quanto a um apoio implícito: irmãos assemelham-se se por causa de características herdadas. Isto leva à afirmação: se eles se se assemelham em cor, cor deve ser uma questão de herança.

Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Rita	59.1	And why?	Request		
	59.2	Look, you who said hereditary variation			School culture
	59.3	Why do you think that it is hereditary variation?			
Isa	60.1	They have a different color,	Data	Appeal to attributes	
	60.2	they are identical	Warrant		
	60.3	and it is hereditary variation	Claim		

Um resumo do layout de argumentação de Toulmin, incluindo o apoio implícito, aparece na Figura 2. Vale a pena notar que Isa não oferece uma explicação para a mudança de cores, somente um argumento sobre a cor como uma questão de herança, antes de relacioná-lo com comida ou ambiente.

A Isa é pedido novamente que forneça razões, como foi ela a primeira em falar sobre a variação hereditária, e ela e Rita (ver linhas 71–78 no apêndice) avançam na tentativa da idéia que uma modificação em cores pode estar relacionada a uma modificação nos genes. É interessante que a definição de mutação como uma mudança nos genes parece não estar clara para Rita. Isto mostra o problema de comunicação em salas de aulas, quando estudantes usam palavras e termos, sem uma idéia clara sobre seu significado.

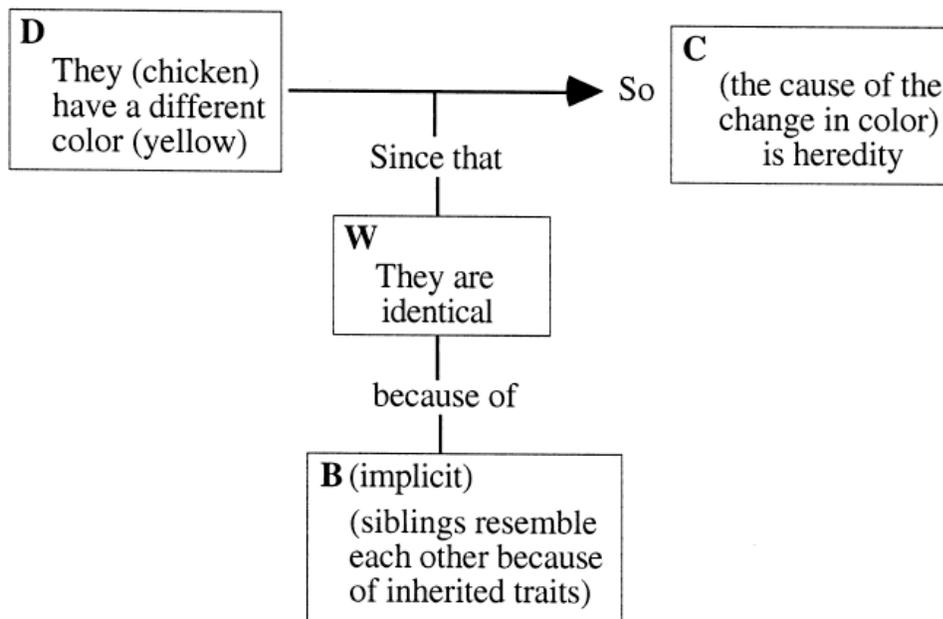


Figure 2. Argument in line 60: heredity.

O caminho de argumento não é direto, e Rita volta à explicação alimentar (ver a linha 97 acima), logo tenta relacionar modificações hereditárias a modificações alimentares, apelando para uma analogia com um exemplo usado anteriormente pelo professor sobre o bico de beija-flores.

Então uma troca se segue com repetições das mesmas idéias, comida sim, comida não, até Isa (linha 115) justificar a sua escolha da variação hereditária fundamentada no tópico atual estudado na lição, como discutido “fazendo a lição” na seção anterior.

Embora a explicação de Isa pareça convencer Rita e (parcialmente) Bea, Rosa não é ainda convincente e ela (linha 133) sugere uma nova hipótese: os fazendeiros põem corante nos frangos, ao qual Isa (134) argumenta que a descendência não tem uma cor relacionada ao corante colocado nos pais. Rita discute na mesma direção, primeiro (135) apelando para a consistência com que isto ocorre em seres humanos, e então, em um dos poucos apoios explícitos (137), relacionando esta possibilidade a teoria do Lamarck.

Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Rosa	133	Couldn't be the color from the farm, they put it on them so they looked prettier?	Claim	Analogy	
Isa	134.1	Look here, and then that they put on pigment	Opposit. (to 133)		
	134.2	and if they put on pigment on them: Why did they have offspring also painted?	Request		
Rita	134.3	It doesn't make sense.	Opposit.	Predicat.	
	135	Now, if you dye your hair yellow: would your children be born with yellow hair?	Warrant	Appeal to consistency	
Bea	136	No. To dye your hair yellow. She is fair.	Opposit.		
Rita	137.1	That would be if Lamarck's theory were right,		Deduction	Appeal to authority
	137.2	but because it isn't right.	Backing		

Como o Lamarckismo foi o assunto da sessão 4., possivelmente isto pode ser interpretado também como também como um apelo implícito ao professor e a autoridade do texto. O argumento de Rita em oposição a 133 é representado na Figura 3.

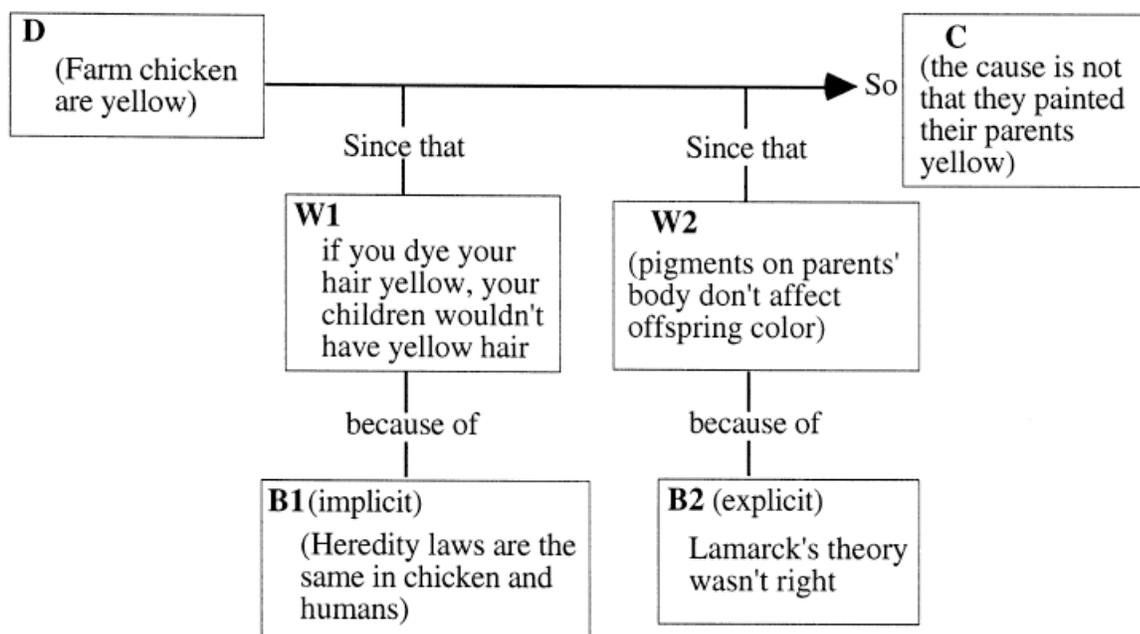


Figure 3. Argument in lines 135–137: discarding Lamarckism.

Uma questão interessante é o apelo à coerência, uma característica de operações epistemológicas de explicações científicas, as quais devem prestar contas de fenômenos em contextos diferentes ou, neste caso, organismos. Depois que Rita faz isto, ela e Isa apelarão repetidamente para a coerência, tanto no pequeno grupo como na discussão com toda a classe, em particular para se opor às hipóteses da comida e ambiente (cor, temperatura).

Name	Line	Transcribed Talk, Group A	Argument Operation	Epistemic Operation	School Culture
Bea	154.2	I also heard that it was because of eating yellow feed.	Claim	Analogy	
Isa	155.1 155.2	Well, no, because you, even if you eat a lot of salad, your face doesn't turn green.	Opposit. Warrant	Appeal to consistency	

A hipótese de Bea (possivelmente ouvida por acaso por outro grupo) pode ser interpretada como uma analogia com a cor marrom em ovos, relacionada às substâncias nos alimentos, e Isa, apelando para coerência, descartou-a. A seqüência de argumentos do grupo A, e as justificativas usadas são resumidos na Figura 4.

Group/ Name	Line	Transcribed Talk, Whole Class	Argument Operation	Epistemic Operation
B	197.1	They were spotted, but the light and the color in the farm made that, along time, they turned yellow	Warrant	Appeal to analogy
	197.2	in order to go unnoticed (.....)	Warrant	
D	218.1	The color of the farm	Claim	
	218.2	because in the farm they don't need to camouflage themselves in the plants	Warrant	
A/Rita w	219	And do they change color every five minutes? First they are spotted and then turn yellow? (.....)	Opposit. (to 218)	
D	222	No, it depends from the situation (.....)	Qualifier	
A/Isa w	225	Then: if we go to China we will get yellow?	Opposit.	Appeal to consistency
D	226.1	No, if you put a chicken in a farm, it doesn't turn white,	Claim	Appeal to analogy
	226.2	but with time it does.	Qualifier	
A/Rita w	227	But they don't get yellow	Opposit.	
D	228	But when they have descendants they are getting paler and paler in order to mimicry like predators	Warrant	Appeal to analogy

Na discussão com toda a classe, apenas dois dos oito grupos, A e E, favoreceram a hipótese da hereditariedade, ao passo que outros seis grupos usaram a hipótese das cores no ambiente da fazenda, visto como segue nas intervenções dos grupos B e D. Isa e Rita do grupo A, desafiaram esta hipótese, apelando para a consistência, como fizeram no grupo pequeno, e empregando um verdadeiro diálogo de ciência com um componente do grupo D.

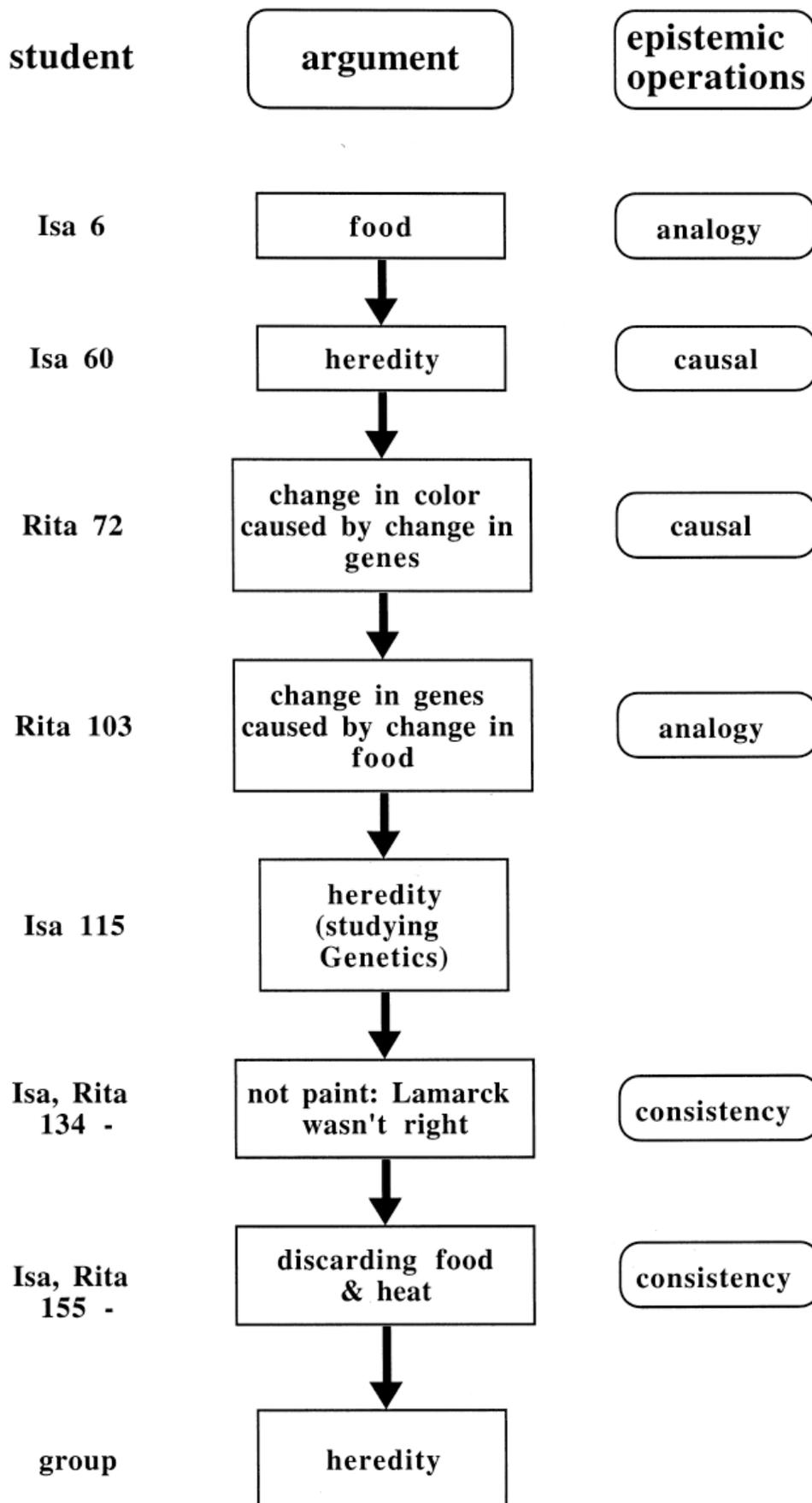


Figure 4. Sequence of arguments and epistemic operations in group A.

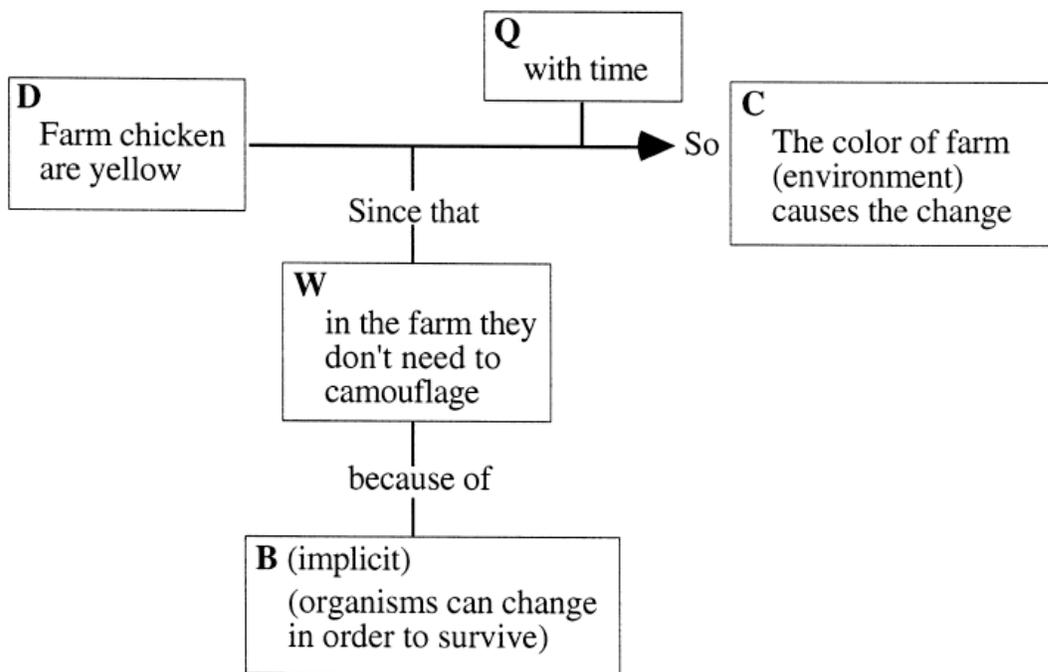


Figure 5. Argument from group D (218–226).

A/Isa w	229	But no, because the traits that you pick during your life are not inherited	Backing	Deduction
A/Rita w	230	You go to live in China and your children are Chinese?	Opposit.	Appeal to consistency

Acerca dos componentes do argumento, a resposta do grupo D (linha 226) introduz um qualificador: a modificação é uma questão de tempo, e este argumento é desenvolvido na 228, na qual Isa não oferece uma justificativa desta vez, mas um apoio teórico (usado antes por Rita na 137 com outras palavras, e representado na Figura 3): os traços adquiridos não são herdados.

O argumento do grupo D na 218, 226, e 228 é representado na Figura 5.

A discussão entre grupos D e B de um lado e o grupo A de outro (Rita e Isa) vai indo, e elas são apoiadas por Pat, do grupo E (que ainda não havia se pronunciado). Ambos, Isa (249) e Pat (252) apelam para a coerência com exemplos nos quais a comida ou o ambiente não têm efeito na cor humana, e logo o grupo F sustenta também a hipótese do ambiente, e ocorre uma discussão interessante sobre conceitos de genética.

Os estudantes aqui realmente estão falando ciência, calorosamente engajados no debate sobre conceitos cruciais de genética: Luisa tenta definir a variação genética, afirmando que ela não significa diferentes tipos de genes (alelos). Isto mostra uma compreensão de variação bastante diferente da ciência escolar, na qual a variação significa precisamente a existência de alelos diferente.

A resposta de Isa (linha 268) parece mostrar que ela compartilha esta idéia, e essa cor diferente poderia ser causada por mutação, e não por modificações nas frequências dos genes. Então Pat (veja o apêndice) explica a modificação nas cores devido ao gene amarelo tornar-se recessivo, identificando traços expressos, em alelos dominantes, um problema frequentemente encontrado em aprendizagem de genética.

O compromisso com a coerência que alguns estudantes de grupos A e E demonstram não é compartilhado por todos os alunos. Ao contrário, outros estudantes de grupos C e G reclamam que frangos e pessoas não são o mesmo, implicando que as características adquiridas podem ser herdadas em animais.

Group/ Name	Line	Transcribed Talk	Argument Operation	Epistemic Operation
E/Pat w	244	Mutation doesn't occur because the chicken . . .	Claim	Appeal to consistency
A/Rita w	245	. . . want to be yellow	Claim	
D	246	So, why does it occur?	Request	
A/Isa w	247	Because of something natural	Claim	Attribute
B	248	Because of feed	Claim	
A/Isa w	249.1	No, why would they change like this?	Opposit.	Appeal to consistency
	249.2	Now I am spotted, and because I eat bananas I turn yellow [ironically] (.....)	(to D)	
E/Pat w	252	Sure. You go there outside and, do you turn green? (.....)	Opposit. (to D)	Appeal to consistency
F	263.1	. . . because of the environment . . .	Claim	
	263.2	not all environments are the same	Warrant	
A/Isa w	264	What has the environment to do?	Opposit.	
A/Rita w	265.1	Of course, you go to China and you turn yellow. [ironically]	Opposit (to 263)	Appeal to consistency
	265.2	It is nonsense.		Predicat.
A/Isa w	266	You go to Venice and you grow water things . . .	Opposit.	Appeal to consistency
F/Luisa	267.1	Genetic variation doesn't mean that some had yellow genes, and others spotted.	Opposit.	Definition
	267.2	If all were spotted: how is possible that they had yellow genes?	Warrant	Deduction
A/Isa w	268	There was a mutation	Warrant	

Esta falta explícita do compromisso com coerência pode ser interpretada como um exemplo de antropocentrismo, que vê os seres humanos como diferentes e à parte dos outros organismos. Então Pat, Rita, e Isa trocam de animais (ver o Apêndice 1), escolhendo coelhos como um exemplo de cor que resulta de herança e não do ambiente, em uma tentativa para evitar o conflito sobre seres humanos.

Group/ Name	Line	Transcribed Talk, Whole Group	Argument Operation	Epistemic Operation
E/Pat	283	I marry and go to Africa and have a child, and it is white.	Opposit.	Appeal to consistency
A/Isa	284	It's true, all right, Pat		Predict.
C	285	This is comparing chicken to people (.....)	Rebuttal	Attribute
G/Carlos	295.1	You cannot confuse them <small>[with people]</small>	Rebuttal	Anthropoc.
	295.2	The animals often they are seeking cam- ouflage, mimicry with the environment (.....)	Claim	
E/Pat	307	You have a white rabbit, and you set it free in the wild . . .	Opposit.	Appeal to consistency
A/Isa	308	And it doesn't change, my white rabbit	Opposit.	Appeal to consistency

A discussão fica mais quente, mas as afirmações não são novas. Então o professor oferece uma reformulação do problema, e o argumento de ciência de escola, como representado na Figura 1.

Um sumário dos dois caminhos opostos de argumentos na classe inteira é representado na Figura 6.

Como um resumo quantitativo das contribuições de cada um dos quatro estudantes no grupo A, fora de 193 voltas (as intervenções pelo professor ou observador não são numeradas), Rita com 75 (39 %) e Isa com 65 (33.5 %) contribuiu mais, ao passo que Bea com 33 (17 %) e Rosa com 20 (10.5 %) tiveram menos contribuições. Uma questão diferente é a relevância dessas contribuições, discutidas na última seção.

DISCUSSÕES E IMPLICAÇÕES: O QUE GOVERNA O DISCURSO EM SALA DE AULA?

O propósito de nosso estudo foi o de explorar tendências no discurso em sala de aula, identificando em primeiro lugar, exemplos de "fazendo escola" e exemplos de "fazendo ciência." Nosso questionamento foi sobre o que governa o discurso na sala de aula: é a cultura escolar, a exposição processual, ou a cultura científica? O estudo foi conduzido em um grupo onde a argumentação não havia sido ensinada e desenvolvimento da capacidade sobre a argumentação do professor não estava entre seus objetivos declarados.

No entanto, nós esperamos uma mudança no cenário da sala de aula, neste caso uma tarefa de resolução de problemas na qual é explicitamente pedido aos estudantes que forneçam razões para suas escolhas, poderia oferecer aos estudantes uma oportunidade de "falar ciência." Isto também foi possível porque os estudantes estavam acostumados a trabalhar em grupos e discutir as suas opiniões em um clima amistoso.

Este estudo corresponde a uma fase inicial do nosso projeto sobre argumentação, e na próxima fase, nós desenvolvemos seqüências plenas de ensino baseados na resolução de problemas (Alvarez, 1998; Jimenez-Alexandre, Pereiro, & Aznar, 1998) o qual tem como objetivo promover o raciocínio e a argumentação.

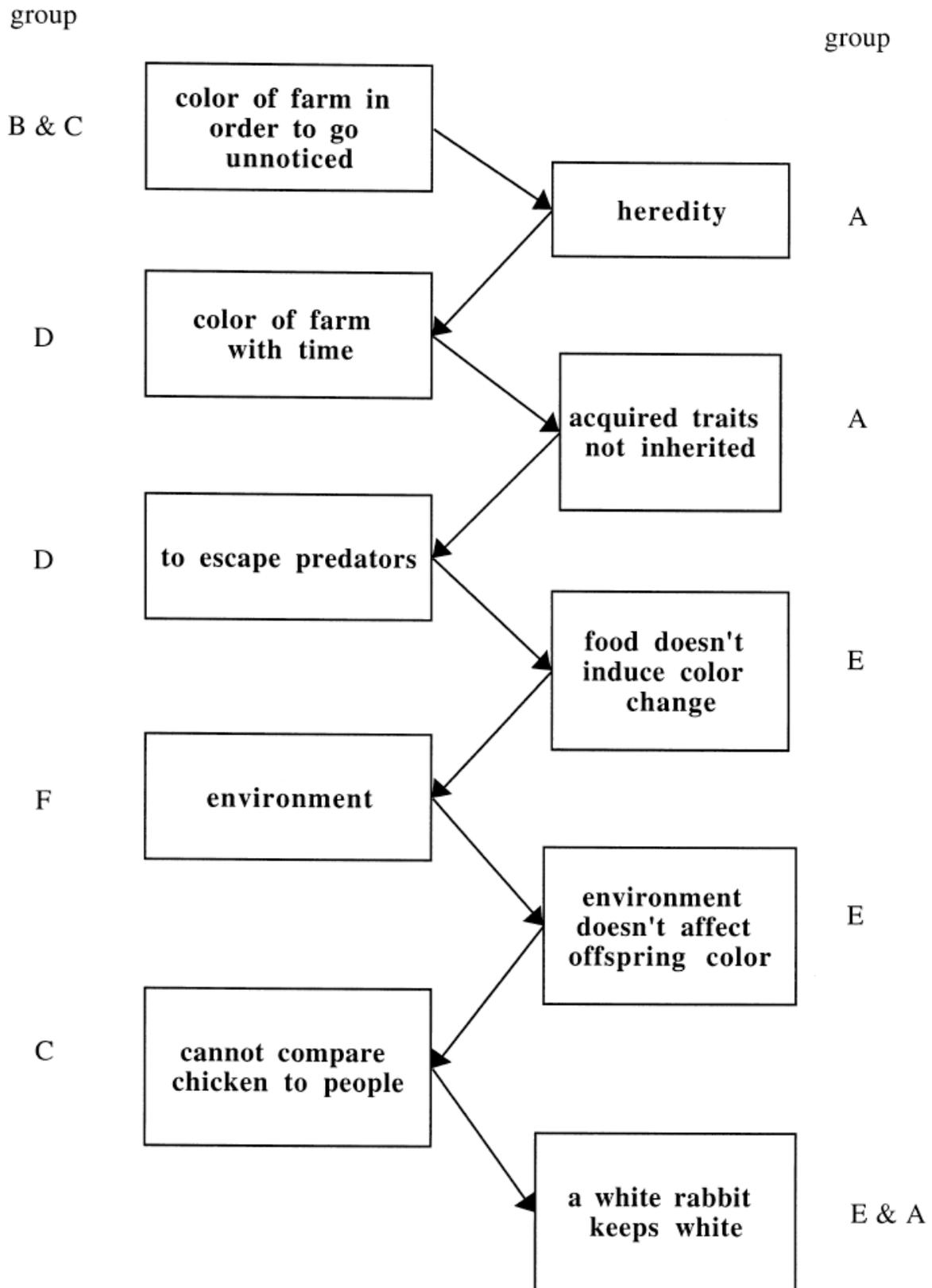


Figure 6. Two opposed paths of arguments in the whole group.

“Fazendo Ciência” e “Fazendo Escola”

Em referência ao primeiro objetivo do estudo, a identificação dos exemplos “de fazendo escola” e exemplos “de fazendo ciência,” como visto na seção de resultados, uma parte substancial das trocas entre estudantes pode ser descrita como pertencendo à cultura escolar ou sala de aula — o que Bloome, Puro, e Theodorou (1989) chamam de exposição processual, definida por eles como procedimentos interativos, e que é contada como “fazendo a lição”, mas são não necessariamente relacionadas a determinados objetivos de aprendizagem. Essas interações e os diálogos estão mais relacionados com sua atuação como “estudante de ciência” do que ao objetivo explícito da tarefa: discutir as causas da mudança de cor em frangos de fazenda. Interpretamos como "fazendo escola" ou "fazendo a lição," por um lado, como interações que se referem às regras para a tarefa, como o quê escrever, ou a discussão sobre escolher apenas uma hipótese. Por outro lado, há exemplos onde a apelação à cultura escolar é menos explícita e se refere não a uma determinada regra, mas às características percebidas na sala de aula ou lições; por exemplo, o argumento de Isa na 115 e 117 sobre o tópico da lição “estamos falando sobre genes” ou “se nós estamos estudando genética,” ou aparente acordo conseguido no fim, quando Rosa aceita a opinião do grupo embora diferente do dela próprio. Algo a ser observado é que, como produto da discussão, as contribuições dos estudantes relacionam-se mais à questões de ciência em discussão e menos a regras ou a conversas incidentais. Esta tendência é acentuada na discussão com toda a classe inteira, onde, como visto nas transcrições, eles estão falando ciência quase o tempo todo.

Argumentos e Componentes do Argumento Quando “Falamos Ciência”

Relativamente ao segundo objetivo, o desenvolvimento de argumentos, o movimento dos dados e evidência até a conclusão, a análise mostra que os estudantes desenvolveram uma variedade de argumentos, em alguns casos mais sofisticados (usando justificativas, apoios) do que em outros.

Houve apenas dois grupos, A e E, que favoreceram a hipótese da hereditariedade, e da perspectiva da comparação entre o argumento de referência (Figura 1) e os argumentos desses dois grupos, representados nas Figuras 2, 3, na coluna direita na figura 6, parece que justificam 1; herança de diferentes cores é contemplada pelos estudantes, e o mesmo pode ser dito sobre a justificativa 4, não-herança de características adquiridas. Não é claro se os estudantes contemplam a justificativa 2, sobre diferentes características (cores) sendo vantajosas em ambientes diferentes, e parece que eles não consideram em toda a justificativa 3, modificações nas proporções da população. Ao contrário, para eles a razão da mudança é uma mutação; isto é, uma modificação em indivíduos. Parece que quando os estudantes conversam sobre "variação hereditária" isto não significa para eles o mesmo que para a ciência escolar; isso é, a existência de formas diferentes (alelos) de um gene na população. Em referência a construção de argumento, alguns assuntos que emergem são:

Co-construção e Participação Desequilibrada.

No grupo A, dois estudantes, Rita (39 %) e Isa (33.5 %) fizeram quase três quartos das 193 contribuições. Além disso, nas contribuições de outros dois estudantes, pode ser visto que para Bea, só 13 de 33 podem ser interpretadas como parte de um argumento, enquanto outras 20 são conversações incidentais, comentários relacionados às regras da tarefa ou à cultura escolar, afirmações sobre as contribuições de outros estudantes, ou pedidos de clarificação. Para Rosa, 9 de 20 são parte de um o argumento, e 11 não são. Rita e Isa compartilharam a liderança no decorrer do argumento: a primeira hipótese discutida pelo grupo é a comida, até que Isa (32) propusesse a variação hereditária e logo avançam no primeiro argumento (60) representado na Figura 2: a mudança na cor é uma questão de herança, porque todos os irmãos se modificaram em um sentido idêntico. O seguinte movimento, iniciado por Rita em 72 e logo seguido por Isa - possivelmente incitada pela palavra "variação" - deve relacionar a modificação nas cores a uma modificação nos genes. Rita vai atrás da hipótese alimentar (97, 103), mas Isa em 115 e 117 deu uma nova razão relacionada mais à cultura escolar do que ao raciocínio científico. A partir deste momento, Rita apoiou Isa em defesa de hereditariedade. De fato, na sua seguinte contribuição (118), ela avançou apoiando a hipótese da hereditariedade. Então seguindo um processo de descartar hipóteses: comida (Isa 164), calor (Rosa 166), logo elas combinaram na hereditariedade. Em resumo, pode se dizer que duas estudantes, Isa e Rita, compartilharam a construção dos argumentos, como em 115-118, 134–137, ou 227–229, e promoveram a maior parte das justificativas coerentemente afirmadas. Outra questão é a dificuldade no conhecimento das razões que convenceram outros estudantes a apoiar a opinião de Isa sobre a hereditariedade. De fato, como o diálogo durante a discussão com toda a classe revela Rosa não foi convencida, mas ao mesmo tempo ela não estava disposta a falar por si mesma e aceitou escrever que a opinião do grupo foi a variação hereditária.

Os componentes da argumentação usada por estudantes: na discussão no grupo A, codificamos 99 elementos como parte de um argumento (inclusive argumentos relacionados à cultura escolar, como “estamos falando sobre genes”). Desses dois terços, 66 são reivindicações (inclusive oposições), 21 justificativas, 10 dados, e 6 apoios. Na discussão do pequeno grupo não há nenhum qualificador ou refutador. No grupo todo, as reivindicações foram também, os elementos mais freqüentemente usados, e justificativas (como necessárias a tarefa). É interessante observar o uso de qualificadores, como tempo pelo grupo D (226) e refutações, como mostrado na linha 285 pelo grupo C. Como observado por Eichinger et al. (1991) a construção da discussão do argumento por estudantes do 6º grau, há um pouco de exploração sistemática do apoio teórico o qual apoiará (ou voltará atrás) em uma afirmação feita. A maior parte do tempo as reivindicações foram oferecidas sem qualquer relação com outros elementos do argumento, o que explica sua alta proporção. Há alguns casos onde se pode dizer que houve alguns elementos relacionados, e alguns deles são representados em Figuras 2, 3, e 5. Como visto nas figuras e nas transcrições, os apoios foram, em quase todos os casos, implícitos.

Operações Epistemológicas

O objetivo da tarefa foi a identificação de mecanismos causais da mudança de cores, portanto não é surpreendente que uma grande proporção das operações epistemológicas possa ser codificada sob a categoria da casualidade. As analogias também são usadas na discussão, relacionando-se a cor natural à comida natural (6), a mudança de cores a cosméticos (133), ou a cor amarela dos frangos a alimentos amarelos, como o que acontece com ovos marrons (133). Uma interessante questão é a apelo à coerência, primeiro, feita por Rita (135) relacionando a não-herança de traços adquiridos em seres humanos com o que acontece em frangos — ela usa um exemplo do que acontece quando os seres humanos tingem seu cabelo. Justificativas semelhantes serão usadas várias vezes por Rita e Isa durante a discussão. Às vezes é dito que estudantes, particularmente estudantes adolescentes, não têm um compromisso com a coerência, e isto é provavelmente verdadeiro em muitos casos.

A universalidade das explicações é uma característica do raciocínio científico: os estudantes têm de reconhecer que, por exemplo, as leis de hereditariedade se aplicam aos organismos diferentes e não somente àqueles usados em um exemplo. A falta da coerência é um obstáculo na obtenção dos objetivos relacionados à transferência de conhecimento e à aplicação de conhecimento em diferentes exemplos e situações. Rita apelou para a coerência e não fez simplesmente uso de uma analogia que foi apoiada pela sua seguinte contribuição (137) quando ela relacionou esta questão à teoria de Lamarck “porque não é direito,” e também pelo desenvolvimento da discussão, com Isa e consigo quando usa exemplos diferentes da não-herança de traços adquiridos, dentro do pequeno grupo, e na classe inteira. Rita (219) desafiou a hipótese da coloração da fazenda apoiada pelo grupo D, e logo ela e Isa apelaram para a coerência com um exemplo usado antes nos pequenos grupos: a cor na descendência humana não é afetada por ambiente. É interessante observar que o apoio oferecido por Isa em 229 é formulado não implicitamente como a opinião de Darwin ou Lamarck, mas afirmado como “os traços durante que você escolhe durante a sua vida não são herdados,” que mostra uma tentativa de relacionar reivindicações e justificativas à teoria(apoio). As contribuições de Rita e Isa foram percebidas por outros estudantes como um apelo à coerência, como mostrada em nossa opinião, por contribuições dos grupos C (285) e G (295), que negam que você possa comparar frangos e gente. Resumindo, o diálogo forneceu alguns exemplos de ecologia conceitual de estudantes de 9os grau, tal como antropocentrismo (seres humanos são uma coisa e frangos são outra), sobre a coerência, e inconsistência também.

Implicações

A capacidade de desenvolver argumentos é uma meta normalmente não estabelecida em salas de aula de ciência. Nossa observação prévia de salas de aula, onde a instrução foi conduzida de um modo padrão (Bugallo Rodriguez e Jimenez-Aleixandre, 1996) mostra que nestas, não ocorre muita argumentação. Para nós, a obtenção de tal objetivo não é um assunto conectado a uma característica única do desenho curricular ou das estratégias educativas, mas sim relacionado à ambientes de aprendizagem caracterizados, entre outras coisas, por uma

perspectiva de aprendizagem de ciência e ensino como investigação. Isto inclui várias dimensões, uma delas é que os estudantes resolvem problemas. Como Duschl e Gitomer (1996) indicam, discutindo o desenho dos princípios do Projeto SEPIA, ao passo que o resultado da investigação pode ter interesse para metas cognitivas, este processo de investigação é que é relevante para os objetivos epistemológicos, aqueles relacionados à compreensão da estrutura de conhecimento.

Na sala de aula observada neste estudo, os esforços do professor, que criou um clima de confiança o qual estimulou os estudantes a exprimir e defender as suas opiniões, combinadas com o uso de tarefas que requisitaram que os estudantes trabalhassem colaborativamente e resolvessem problemas, resultou em um certo grau de argumentação, de estudantes que solicitavam outro para explicar ou apoiar suas reivindicações, de alguns exemplos de desenvolvimento de justificativas e até apoios teóricos em suporte às suas posições. Isto é um aspecto positivo da discussão, e nós acreditamos que isto foi possível porque os estudantes foram acostumados a trabalhar em grupos e raciocinar sobre as suas opiniões durante todo o período. Quando estudamos a construção de argumentos, primeiro temos de projetar ou identificar um ambiente de sala de aula adequado.

Deve ser observado que o nosso foco neste estudo não era o arranjo formal de argumentação, mesmo porque os estudantes não tinham recebido nenhuma instrução sobre isto, mas sim a forma natural da argumentação. Os argumentos que nos interessam são apenas os substantivos (Toulmin, 1958) - aqueles nos quais, o conhecimento do conteúdo é um requisito para compreensão e envolve o uso da matéria em destaque, neste caso, genética. Em outras palavras, estamos interessados em discussões sobre ciência. Embora chamemos esta forma da argumentação "natural", os nossos dados prévios parecem indicar que a argumentação desta natureza não é comum na sala de aula. Aos estudantes não são dadas muitas ocasiões para discutir questões científicas, relacionar dados, e oferecer explicações. Por essa razão, acreditamos que o nosso estudo apóia o interesse de prover os estudantes com oportunidades de resolver problemas, discutir ciência, e falar ciência, mostrando que, dada esta oportunidade, mesmo em pequena escala, os estudantes usarão um número de operações (argumentativas e epistemológicas) que fazem parte da cultura científica. Fazendo assim, os estudantes aprenderão certos aspectos da ciência que são diferentes da compreensão conceitual.

A questão do conceito e compreensão do modelo leva ao tema dos resultados relacionados aos objetivos do professor — o uso de conceitos genéticos. Nas transcrições, a confusão conceitual é evidenciada por muitas contribuições. A genética — e o mesmo poderia ser dito sobre evolução — é um dos tópicos mais difíceis na educação em Biologia. Algumas das dificuldades relacionadas a ele são: o grau de abstração do modelo de hereditariedade e as operações matemáticas relacionadas a ele; as dificuldades associadas ao raciocínio probabilístico (contra o determinístico) (Jimenez-Aleixandre, 1994); a falta de conexões entre reprodução e hereditariedade no currículo; e a persistência de idéias alternativas e o modo mecânico de resolver problemas por meio apenas de algoritmos. Nos estudantes desse grupo, algumas dificuldades foram evidenciadas. Por exemplo, mesmo nesses estudantes que apoiaram a hipótese de hereditariedade viram a mudança de cor no indivíduo

(mutação) e não a mudança de cor na população. A questão da inclusão de tais tópicos, no currículo de ciência do 9º grau, muito discutida na Espanha, está sendo mais uma vez levantada. Talvez possa se dizer que, se a genética está incluída, algumas mudanças necessitam ser feitas. O conteúdo necessitaria de mais do que seis sessões, permitindo tempo para exercícios de aplicação dos modelos complexos em contextos diferentes, e a atenção deve ser focada em perguntas sobre idéias prévias e o processo de resolução de problema. Por exemplo, seguindo nosso problema sobre frangos, o próximo passo seria não só pedir que os estudantes procurassem as causas da mudança de cor, mas também projetar um meio de inverter o processo de mudança. . Isto exigiria uma verdadeira comunidade de aprendizes envolvidos na investigação, onde os estudantes ensinam-se e se convencem mutuamente usando argumentos que aparentemente os tenha convencido, como em alguns exemplos discutidos anteriormente. Uma última pergunta sobre questões conceituais é a distinção (Mayr, 1997) entre Biologia e outras disciplinas de ciência em relação à importância de novos conceitos ao longo da História. Para Mayr, o que é diferente é que em Biologia novos conceitos são mais importantes que novas leis ou teorias (as quais poderiam ser mais relevantes em física ou química). Possivelmente isto é importante também para as explicações dos estudantes quando discutem o significado de mutação ou de variação genética.

Outra questão relaciona-se à diferença entre dados de caráter diferente. Os dados que os estudantes manipulavam neste problema eram hipotéticos e não eram colocados em dúvida. Estes dados foram apoiados pela autoridade do professor, mas o modo pelo qual os estudantes constroem argumentos é diferente quando eles têm um problema com dados empíricos desconhecidos, como mostrado no estudo realizado por Kelly, Drucker, e Chen (1998) sobre eletricidade ou no nosso próprio estudo com microscópios (Jimenez-Aleixandre, Diaz, e Duschl, 1997). Este estudo é um exemplo de como precisamos de várias aproximações e instrumentos para explorar a argumentação em sala de aula. O modelo de argumentação de Toulmin não foi suficiente para interpretar algumas trocas, e por isso desenvolvemos uma estrutura de operações epistemológicas para analogias ou apelações à coerência que constituem um nível diferente do cognitivo. Para uma análise mais holística, o uso da noção de Bloome et. al sobre “fazendo escola” comprovou-se, na nossa opinião, frutífero.

O principal para a argumentação é o movimento da evidência à explicação, e alguns fragmentos das transcrições mostram como os estudantes relacionam as mudanças nas cores com uma variedade de explicações, e como eles se esforçam para encontrar a coerência entre as explicações e o conhecimento prévio (Lamarck ou teorias Darwin), ou na experiência cotidiana (influência da comida nas cores). Um questionamento que merece estudos mais detalhados é sobre o campo de dependência de algumas características, em particular “do que conta” como explicação, justificativa, ou até mesmo, dados, e nós atualmente estamos explorando essas questões.

Os autores agradecem a Sr.^a Laura Fernández e aos seus alunos por sua participação neste estudo.

REFERENCES

- Alarez Perez, V. (1998, September). Argumentation patterns in secondary physics classroom. Paper presented at the Fourth European Science Education Research Association (ESERA) Summer school, Marly-Le-Roi.
- Applebee, A. (1996). *Curriculum as conversation: Transforming traditions of teaching and learning*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Bloome, D., Puro, P., & Theodorou, E. (1989). Procedural display and classroom lessons. *Curriculum Inquiry*, 19, 265–291.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32–42.
- Bugallo Rodríguez, A., & Jimeñez-Aleixandre, M. P. (1996, August). Using Toulmin's argument pattern to analyze genetics questions. Paper presented at the Third European Science Education Research Association (ESERA) Summer school, Barcelona.
- Carey, S., & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28, 235–251.
- Collins, H., & Pinch, T. (1994). *The Golem: What everyone should know about science*. New York: Cambridge University Press.
- Connelly, F. M., & Finegold, M. (1977). *Scientific enquiry and the teaching of science*. Ontario Institute for Studies in Education: Toronto.
- Driver, R., & Newton, P. (in press). Establishing the norms of scientific argument in classrooms. *Science Education*.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Philadelphia: Open University Press.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 3265–3395). Cambridge, MA: MIT Press.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education. The importance of theories and their development*. New York: Teachers' College Press.
- Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1996, April). Project Sepia design principles. Paper presented at the annual meeting of AERA, New York.
- Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Palincsar, A. S., & David, Y. M. (1991, April). An illustration of the roles of content knowledge, scientific argument, and social norm in collaborative problem solving. Paper presented at the annual meeting of AERA, Chicago.
- Giere, R. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hodson, D. (1992). Assessment of practical work. *Science and Education*, 1, 114–115.
- Jimeñez-Aleixandre, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14, 51–61.

- Jimeñez-Aleixandre, M. P. (1994). Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 519–535.
- Jimeñez-Aleixandre, M. P. (1998). Diseño curricular: Indagación y argumentación con el lenguaje de las Ciencias (Curriculum design: Inquiry and argument in science language). *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 203–216.
- Jimeñez-Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (1997, September). Plant, animal or thief? Solving problems under the microscope. Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) Conference, Roma.
- Jimeñez Aleixandre, M. P., Díaz de Bustamante, J., & Duschl, R. A. (1998, April). Scientific culture and school culture: Epistemic and procedural components. Paper presented at the NARST annual meeting, San Diego CA.
- Jimeñez-Aleixandre, M. P., Pereiro Muñoz, C., & Aznar Cuadrado, V. (1998). Promoting reasoning and argument about environmental issues. Second ERIDOB Conference, Goteborg.
- Kelly, G. J., Chen, C., & Crawford, T. (1998). Methodological considerations for studying science in the-making in educational settings. *Research in Science Education*, 28, 23–50.
- Kelly, G. J., & Crawford, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education*, 81, 533–560.
- Kelly, G. J., Drucker, S., & Chen, K. (1998). Students' reasoning about electricity: Combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20, 849–871.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319–337.
- Kuhn, D., García-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. Monograph of the Society for Research in Child Development. Chicago: University of Chicago Press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1979). *Laboratory life: The social construction of scientific facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Longino, H. (1994). The fate of knowledge in social theories of science. In F. F. Schmitt (Ed.), *Socializing epistemology: The social dimensions of knowledge* (pp. 135–158). Lanham, MD: Rowan and Littlefield.
- Mayr, E. (1997). *This is Biology*. Cambridge, MA: Belknap Press, Harvard University Press.
- Ohlsson, S. (1992) The cognitive skill of theory articulation: A neglected aspect of science education? *Science and Education*, 1, 181–192.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (Eds.). (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. London: Heinemann.
- Pontecorvo, C., & Girardet, H. (1993). Arguing and reasoning in understanding historical Topics. *Cognition and Instruction*, 11, 365–395.

Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, 17, 159–176.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. New York: Cambridge University Press.

van Eemeren, F. H., Grootendorst, R., Henkemans, F. S., Blair, J. A., Johnson, R. H., Krabbe, E. C.

W., Plantin, C., Walton, D. N., Willard, C. A., Woods, J., & Zarefsky, D. (1996). *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

APPENDIX 1: TRANSCRIPTION, SESSION 6

The codes used in it are: . . . , transcription not reproduced; notes in courier 9 between square brackets [] indicate clarification by observer; 1, 2 correspond to contributions; 1.1, 1.2 to different elements in a contribution; T, teacher; O, observer (not numbered in the sequence).

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Isa 6.1 Food, yes Claim Causal

6.2 because before they ate natural things

Warrant Analogy

Isa 7.1 [reads from handout] Hereditary variation

Classroom

task

7.2 Color [Spanish ‘color’] of the mother

Claim Causal

Isa 8 Color what? Request

Rosa 9 Heat [Spanish ‘calor’] of the mother

Claim

Bea 10 You said color [to Isa]

.....

Predicat.

Rita 14.1 and now we have to write why, Classroom

task

14.2 Shall we write because of the food or because of weather?

Classroom

task

Isa 15 Food Claim

Bea 16 Do we have to write why here? Classroom

task

Isa 17 The group thinks that the cause of the change in feather color it is . . . it is because of the food that they ate before and after living in farms . . .

.....

Claim Causal

Rita 29 So we agree with this Predicat.

Isa 30 It could be only one Rules for task

Rita 31 Only one? We agree on this one, and this one and that. We write this one [food]

Rules for task

Isa 32 Hereditary variation Claim Causal

Rita 33 And now: what should we do? Rules for task

Isa 34 You have to tick this box [handout] Rules for task

Bea 35 Tick what? Rules for task

Rita 36 Yeah, I was going to tick in the food . . .

Rules for task

Isa 37.1 Because of hereditary variation Claim Causal

37.2 And now, what else should be write?

Classroom task

From 38 to 58, Isa is asked by the other three students to explain her claim in 32 about hereditary variation

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Rita 59.1 And why? Request

59.2 Look, you who said hereditary variation

School

culture

59.3 Why do you think that it is hereditary variation?

Isa 60.1

60.2

They have a different color,

they are identical

Data

Warrant

Appeal to

attributes

60.3 and it is hereditary variation Claim

Bea 61 And: why do they have another color?

Request

Rita 62.1 But you don't have to explain why. Rules for task

62.2 I see it as obvious Plausibilit.

Isa 63.1 I said it and you wrote it. Predicat.

63.2 Why did you write it? Request

Rita 64 Because you said it Appeal to authority

From 65 to 70, Bea and Rita ask Isa again to provide reasons.

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Bea 71 Because of hereditary variation Claim Causal

Rita 72 Yeah, there was a change in a gene

Warrant Causal

Isa 73 So, there was a change in the genes, a Mutation

Warrant

(72)

Definition

Rita 74 It is not a mutation Opposit.

Isa 75 It is a mutation. [they laugh] Counteropposit.

Rita 76.1 It is a change in the genes . . . Opposit. Definition

76.2 well, perhaps it is a change, yes Conces.

Isa 77 In the DNA Warrant

Rita 78 Before. In the cells that . . . the organisms, they come from the firsts . . .

Warrant

From 79 to 95, they further discuss the meaning of mutation as a change in the genes.

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Isa 96 What should we write? Rules for task

Rita 97.1 But, look, I believe that it is because of food.
Predicat.

97.2 The food makes them to have the spotted body. I think so
Claim Causal

Bea 98 Then: why did you say hereditary variation?
Request

Rita 99 Because it says that there could be just one
Rules for task

Isa 100 And all this is caused by hereditary variation
Claim Causal

Rita 101 No Opposit. Predicat.

Bea 102 Look, I have to . . . in the group Rules for task

Rita 103.1 What you say it's nothing new, See? [to Isa]
Evaluation

103.2 I believe that a hereditary variation,
Claim Causal

103.3 because it had two different foods, Warrant

103.4 is like in the flower, the beak was adapted [example used in instruction]

Analogy

From 104 to 110, repetitions of the same lines, food yes, food no.

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Isa 111.1 If we don't agree, I'm sorry, but I tell it

Rules for task

111.2 I believe that it is hereditary variation
Claim Causal

Rita 112 And, what causes a hereditary variation?

Asks for warrant

Looks for mechan.

Isa 113 That is what I'm trying to look for Predicat.

Rita 114 But then, it was said . . . first
you say one thing then another

. . .

Predicat.

Isa 115.1 But look, we are talking about
genes

Data Classroom

task

115.2 and then, probably, if we are talking
about genes what is the use
in talking about eggs, about
food; let's talk about hereditary
variation, about genes.

Claim School

culture

115.3 I would write this in a test. I am not
talking about eggs if we are
studying Genetics.

Warrant School

culture

Rita 116 No Predicat.

Isa 117 I am not talking about eggs if we
are studying Genetics.

Warrant School

culture

Rita 118.1 I see, you will write . . . C. task

118.2 Lamarck says that if it changes
during life, it passes to the
genes,

Backing Deduction Appeal to
book

118.3 and Darwin says that it cannot
change, what happens in life it
doesn't change to genes.

Backing Deduction

From 119 to 132, they ask to the teacher, who says that they have to discuss it themselves and write their own
opinion and began to discuss the reasons for the change.

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Rosa 133 Couldn't be the color from the
farm, they put it on them so they
looked prettier?

Claim Analogy

Isa 134.1 Look here, and then that they put
on pigment

Opposit.

(to 133)

134.2 and if they put on pigment on
them: Why did they have offspring
also painted?

Request

134.3 It doesn't make sense. Opposit. Predicat.

Rita 135 Now, if you dye your hair yellow:
would your children be born with
yellow hair?

Warrant Appeal to

consistenc

Bea 136 No. To dye your hair yellow. She is
fair.

Opposit.

Rita 137.1 That would be if Lamarck's theory
were right,

Deducation Appeal to
authority

137.2 but because it isn't right. Backing

Then from 138 to 152, they repeat their positions about the dye question.

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Isa 153 But she says that there was no
mutation.

Predicat.

Bea 154.1 But we say that there was. She
doesn't know if it is true, we say
there was a mutation.

Warrant Predicat.

154.2 I also heard that it was because of
eating yellow feed.

Claim Analogy

Isa 155.1 Well, no. Opposit.

155.2 because you, even if you eat a lot
of salad, your face doesn't turn
green.

Warrant Appeal to

consistenc

Bea 156 Well, if . . .

Isa 157 No, and your hair neither Warrant Appeal to
consistenc

Rita 158 You are absolutely right. Predicat.

Time for small group debate is finishing, and they begin to discuss each hypothesis.

Name Line Transcribed Talk, Group A

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

Isa 164 Food, discarded; they wouldn't be like this because of food.

Claim Causal

Rita 165 No, not at all. Predicat.

Rosa 166.1 It cannot be the heat from the mother

Claim

166.2 because the mother, even if she gives it a lot of heat, perhaps it would be more yellow or less yellow, I don't know

Warrant Causal

Rita 167 No.

.....
Rita 174 A white child born in Africa is not black.

Claim Appeal to consistenc.

Bea 175 You go too fast. Task

Isa 176 A white child born in Africa is not black.

.....
Claim Appeal to consistenc.

Bea 180 But, why a child? Request Predicat.

Rita 181 A white child born in Africa is not black.

Claim

Rosa 182 If it is white, it cannot be black

.....
Warrant Appeal to consistenc.

Rita 186 There is hereditary . . . Claim

Isa & 187 variation . . . Claim

Bea 188 . . . variation

[teacher asks them to finish the task]

(complet)

Isa 190 Shall we vote? [about heredity] Task

Rita 191 we agree Predicat. School

culture

Bea 192 ok

Rosa 193 ok

Whole class discussion: there were eight groups; the other seven are identified as B to H

(the brief contribution from group H, at the end is not reproduced); individual students from these groups are not identified by name when reading from their worksheets or summarizing their groups' opinion, only when they are expressing individual opinions. The students from A are identified, coding with **g** (group) the talk among them in a lower key, and with a **w** (whole) their contributions aloud to the general discussion.

Group/

Name Line Transcribed Talk, Whole Class

Argument

Operation

Epistemic

Operation

School

Culture

B 194 The color of the farm

....

Claim

B 197.1 They were spotted, but the light
and the color in the farm made
that, along time, they turned yellow

Warrant

Data

Appeal to

analogy

197.2 in order to go unnoticed

[teacher says that any group which
disagree with B can express their
opinions]

.....

Warrant

A/Bea g 201 We all agree [in the hypothesis
about heredity]

Predicat. Classroom

rules

A/Rosa g 202 I do not agree [about heredity]

.....

Predicat.

C 211.1 The color of the farm Claim Appeal to
analogy

211.2 because the chicken in the wild are spotted

Data

211.3 in order to camouflage, to go unnoticed,
but in the farm they
didn't need the speckles

Warrant

Group/

Name Line Transcribed Talk, Whole Class

Argument

Operation

Epistemic

Operation

A/Isa w 214 Hereditary variation

[teacher asks them reasons]

Claim

A/Isa w 215 Because there was a change in the genes and they produce the change in color.

.....

Warrant

D218.1 The color of the farm Claim

218.2 because in the farm they don't need to camouflage themselves in the plants

Warrant

A/Rita w 219 And do they change color every five minutes?

First they are spotted and then turn yellow?

Opposit.

(to 218)

D2 20 No . . . Predicat.

A/Rita w 221 When they want they are spotted, and when they want yellow or what?

Opposit. Appeal to consistenc.

D222 No, it depends from the situation Qualifier

A/Rita w 223 But they cannot go changing color Opposit.

A/Bea w 224 If they go out they become spotted [ironically]

Opposit.

A/Isa w 225 Then: if we go to China we will get yellow?

Opposit. Appeal to consistenc.

D226.1 No, if you put a chicken in a farm, it doesn't turn white,

Claim Appeal to analogy

226.2 but with time it does. Qualifier

A/Rita w 227 But they don't get yellow Opposit.

D228 But when they have descendants they are getting paler and paler in order to mimicry like predators

Warrant Appeal to analogy

A/Isa w 229 But no, because the traits that you pick during your life are not inherited

Backing Deduction

A/Rita w 230 You go to live in China and your children are Chinese?

Opposit. Appeal to consistenc.

Group/

Name Line Transcribed Talk

Argument

Operation

Epistemic

Operation

D238.1 It is true Claim Predicat.

238.2 Because if they in farms were not yellow,

the predators would see them, and

then it couldn't be

Warrant

A/Rita w 239 Come on! Are they changing color because

the predator sees them?

Opposit. Causal

A/Isa w 240 The mutation they don't made it because

they want

.....

Claim Appeal to

consistenc.

E/Pat w 244 Mutation doesn't occur because the

chicken . . .

Claim Appeal to

consistenc.

ARGUMENT IN HIGH SCHOOL GENETICS 791

A/Rita w 245 . . . want to be yellow Claim D246 So, why does it occur? Predicat.

A/Isa w 247 Because of something natural Claim Attribute

B 248 Because of feed Claim

A/Isa w 249.1

249.2

No, why would they change like this?

Now I am spotted, and because I eat bananas

I turn yellow [ironically]

.....

Opposit.

(to 238)

Appeal to

consistenc.

E/Pat w 252 Sure. You go there outside and, do you

turn green?

Opposit.

(to 238)

Appeal to

consistenc.

Group/

Name Line Transcribed Talk

Argument

Operation

Epistemic

Operation

E 256 This is a genetic variation, but not . . .

[interruption]

Claim

E 258 These are matters from Nature

.....

Warrant

F 263.1 . . . because of the environment . . . Claim

263.2 not all environments are the same Warrant

A/Isa w 264 What has the environment to do? Opposit.

A/Rita w 265.1 Of course, you go to China and you turn yellow. [ironically]

Opposit. Appeal to consistenc.

265.2 It is nonsense. Predicat.

A/Isa w 266 You go to Venice and you grow water things . . .

Opposit. Appeal to consistenc.

F/Luisa 267.1 Genetic variation doesn't mean that some had yellow genes, and others spotted.

Opposit.

(to 256)

Definition

267.2 If all were spotted: how is it possible that they had yellow genes?

Warrant Deduction

A/Isa w 268 There was a mutation

.....

Warrant

F/Luisa 270.1 Even if they had some yellow genes Concession

270.2 some chicken would come yellow, Claim Prediction

270.3 but not all of them. Qualifier

E/Pat 271.1 No, not if they are not dominant. Rebuttal Definition

271.2 Because the yellow gene turned dominant, and before it was recessive, but it has nothing to do with it.

Claim

271.3 You can have a blue-eyes gene, and it doesn't show, but is there. Your sons could have blue eyes . . . not for the moment.

Backing Appeal to instance

From 272 to 282, they repeat their positions.

Group/

Name Line Transcribed Talk, Whole Group

Argument

Operation

Epistemic

Operation

E/Pat 283 I marry and go to Africa and have a child, and it is white.

Opposit. Appeal to
consistenc.

A/Isa w 284 It's true, all right, Pat Predicat.

C 285 This is comparing chicken to people

.....

Rebuttal Attribute

G/Carlos 295.1 You cannot confuse them [with people] Rebuttal Anthrop. 295.2 The animals often they are
seeking camouflage,
mimicry with the environment

.....

Claim

E/Pat 307 You have a white rabbit, and you set it
free in the wild . . .

Opposit. Appeal to
consistenc.

A/Isa w 308 And it doesn't change, my white rabbit

.....

Opposit. Appeal to
consistenc.

G/Carlos 309 The snow partridge gets white

.....

Data Appeal to instance

A/Rita w 315 There are white rabbits here as well Opposit. Appeal to instance

G/Carlos 316 But not . . . Opposit.

A/Isa w 317 There are white rabbits here as well and
this is not the North Pole

.....

Data Appeal to
consistenc.

T [teacher begins reformulation and explanation]

. . . they are yellow now, How did they
change?

Question

A/Isa w 332 there was a mutation claim

T There was a mutation and then: what
happened?

Request

A/Rita g 333 Hereditary variation. When the genes
changed there was a mutation.

Claim Tautology